

المكتبة الثقافية

١٠٩

# الغلاف الهوائى

الدكتور محمد جمال الدين الفضى

وزارة  
الثقافة والإرشاد القومي  
المؤسسة  
المصرية  
العامة  
للتأليف والترجمة  
والطباعة والنشر

١٥ مايو ١٩٦٤

اهداءات ٢٠٠٠

المهندس / راحا ميس اللقاني

الإسكندرية

المكتبة الثقافية

١٠٩

551.5

F1999

# الغلاف الهوائى

الدكتور محمد جمال الدين الفنى



١٥ مايو ١٩٦٤

٣٩١٥٣/٥

توزيع



**دار الفانم**

١٨ شارع سوق التوفيقية بالقاهرة

ت ٥٥٠٣٢ — ٧٧٧٤١

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

إن دراسة الغلاف الهوائى من حيث تكوينه ، وامتداده ،  
وتوزيع العناصر الجوية فيه كدرجة الحرارة والرطوبة والضغط ،  
وطبيعة الظواهر التى هى من خصائصه كالمطر والعواصف ،  
وما يحجب عنا من اشعاعات وطاقات تفد من الشمس والنجوم  
وسائر أرجاء الكون الفسيح كالأشعة الكونية ، وما يدرا من  
أخطار الفضاء وأهواله كالتيازك والشهب التى تهوى إلى الأرض  
بلا هوادة من أعماق الفضاء . . . كل هذه المواضيع كانت  
ولا تزال أهم ما يشغل بال العلماء وبخاصة فى مستهل هذا العصر  
الذى نطلق عليه اسم « عصر الفضاء » ؛ وما ذلك بطبيعة الحال  
إلا لكون الغلاف الهوائى هو الفاصل بيننا وبين الفضاء الكونى  
الذى يتطلع البشر للسبح فيه بغية الوصول إلى الكواكب القريبة  
أو البعيدة ، إلى جانب أنه الوسط المادى الذى نعيش فيه .  
وإنى إذ أقدم للقارئ فى هذا الكتيب « جاهداً » آخر  
ما وصل إليه الكشف العلمى فى هذا الصدد ، لم أقصر الفائدة

على أولئك الذين لم تسبق لهم خبرة بهذا الموضوع ، أو على  
الذين ينفونه كطالعات علمية ؛ فالكتيب ولا شك مرجع مبسط  
في علم الأجواء ، ولا يخلو من الفائدة لكثير من طلبة الدراسات  
الخاصة في معاهد الرصد الجوى والطيران والبحرية والزراعة  
والهندسة واللاسلكى والطب ممن تدخل ضمن برامجهم دراسات  
مبادئ علم الأجواء ؟

محمد جمال الدين الفندى

## مكونات الغلاف الهوائى وطبيعته

**إفغلف** الهوائى هو المادة أو الغلالة الشفافة التى تحيط بالأرض وتفصل سطحها عن الفراغ الكونى . ومنذ بدء الخليقة ونحن نعيش على الأرض فى قاع هذا « المحيط » الذى يتركب من مجموعة من الغازات التى لا طعم لها ولا لون ولا رائحة . وأبسط مظاهره — فوق أتنا نستشق غازاته — تأثيره على الأجسام عندما تتحرك أجزاء منه حيث تعرف بالرياح فالرياح إذن هى الهواء المتحرك ، وإن تحرك الهواء يبطئ ممى نسيا ، ومن النسيم ما هو خفيف ، كما أن منه ما هو منعش أو معتدل . وإن هز الريح فروع الشجر أو أثار الغبار من سطح الأرض ممى نشطاً ، فشديداً ، وقد يصير حاصفاً فى حالة الأنواء والأعاصير . ونحن ربما نكون قد الفنا سماع أغلب هذه الألفاظ « أو التعبيرات » من نشرات الطقس التى تذاع كل يوم « النشرة الجوية » .

وتتكون الطبقات السطحية من الغلاف الهوائى من خليط من غازى الأوكسيجين والأزوت « أو النيتروجين » بنسبة ٢٠ و ٩٠ فى المائة إلى ٨٧ و ٠٧ فى المائة من حيث الحجم على

التوالى ؛ بالإضافة إلى عدة غازات أخرى نسبها ضئيلة جداً تكاد لا تتعدى في مجموعها ١ في المائة من حيث الحجم . ومن هذه الغازات ما هو ثابت النسبة عموماً مثل الأرجون والكربتون والأيدروجين و الزينون والهيليوم ، كما أن منها ما تتغير كمياتها حسب الظروف الجوية مثل الهيليوم وبخار الماء .

ويرتبط الحديث عن الغلاف الهوائى ارتباطاً وثيقاً بما يحمل من بخار الماء ، لأن كافة ظواهر الجو ، باستثناء عواصف الرمل ، إنما ترتبط ارتباطاً وثيقاً بأبخرة المياه العالقة في الهواء على هيئة غاز لا تراى ، والتي قد تصل نسبتها أحياناً إلى ٤ في المائة من حيث الحجم . أما علة ثبوت نسب الغازات الأخرى قرب سطح الأرض « إلى علو نحو ١٠٠ كيلو متر مثلاً » فأساسها استمرار عمليات الخلط والمزج بين أجزاء الهواء وكتله المختلفة في الاتجاهين الأفقى والرأسى ، تحت تأثير عوامل الانتشار وتيارات الحمل وهبوب الرياح وانسيابها في مسالكها العامة والمحلية .

والعجيب أن الإنسان لم يعرف أن الهواء إنما يحمل بين طياته بخار الماء الذى تنشأ عنه السحب والأمطار إلا في عصر النهضة ، وعذره في ذلك أنه لا يبصر هذا البخار . وكان الفراعنة يظنون أن المطر إنما ينزل من ماء مخزون في السماء ، وأن البلاد



التي تعتمد على المطر « كبلاد الإغريق » سوف يأتي عليها يوم  
تموت فيه من العطش ، وذلك عندما ينفد ماء السماء . أما مصر  
فترتوي من ماء النيل الذي يفيض كل عام من محيط ماء الأرض  
الذي لا ينضب . وإلى عهد قريب « في القرون الوسطى » كان  
الإنجليز يعززون شح المطر إلى ذنب ارتكبته الضفادع ! .  
فعندما لا تمطر السماء يضربون ضفادعهم المسكينة لينهمر  
المطر !! .

وأول كتاب ربط ارسال الرياح أو هبوبها ليتكاثف  
بخار مائها — كما سنرى فيما بعد — بإثارة السحب وتزول المطر  
هو القرآن الكريم الذي يقول في روعة وجلال في سورة الروم  
مثلا : « الله الذي يرسل الرياح فتثير سحاباً فيبسطه في السماء  
كيف يشاء ويجعله كسفاً فترى الودق يخرج من خلاله » .

وفي عصر النهضة عرف الإنسان كذلك أن هناك « دورة  
مائية » ما بين البحار والمحيطات وجو الأرض ، بمعنى أن أشعة  
الشمس تعمل على تبخير المياه من أسطح المحيطات ، وعندما  
يحمل الهواء هذه الأبخرة إلى أعلى وتبرد تتحول إلى قط من  
الماء أو بلورات من الثلج ، أو هما معاً ، داخل السحب ،  
ثم لا تلبث أن تهمر هذه المكونات إلى سطح الأرض وتعود

إلى المحيط من جديد ، إما مباشرة ، أو عن طريق الأنهر  
أو المياه الجوفية إلخ . . . وبطبيعة الحال لا سبيل إلى إيقاف  
هذه الدورة التي تعمل دائبة على دوام نزول المطر وعدم نفاد  
ماء السماء كما كان يظن الفراعنة مثلاً ! . ومرة أخرى يعبر  
القرآن عن ذلك في روعة وإعجاز إذ يقول في سورة الحجر :  
« ... فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ . »  
وعندما نعلم إلى المقارنة بين كثافتى الهواء الجاف وبخار  
الماء « تحت نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة » نجد  
أن بخار الماء أقل وزناً من الهواء الجاف ، وأن النسبة بين  
كثافتهما هي ٥ إلى ٨ على التوالي . وهذا هو السر في إمكان  
صعود أبخرة المياه إلى أعالي الجو حيث الطبقات التي تتكون  
فيها السحب .

وربما يعتقد البعض أن السحب عبارة عن مجموعات من بخار  
الماء ، أو أنها تطفو في الجو كما تطفو السفن فوق سطح البحر  
مثلاً ، أو يرون في سبوحها حالياً دليلاً على انعدام وزنها .  
أما الحقيقة فهي أن السحب تتناقل إلى الأرض ، ولها أوزان  
لأنها مجموعات من نقط الماء أو بلورات الثلج أو منهما معاً

كما سنرى فيما بعد\* ، وهى تتساقط كلها بمعدلات مختلفة تحت تأثير جذب الأرض لها ، ولا يوقها عن السقوط السريع إلا تيارات الهواء الصاعد الذى يثير السحب ذاتها . ولكن عندما تنمو تلك المكونات تهمر على هيئة مطر أو برد أو ثلج . ولا يخفى أن غاز الأوكسجين هو أساس الحياة على الأرض ، إذ تستنشق الكائنات الحية فيجدد نقاء الدم فيها ويكسبها القدرة على العمل؛ وهو يخرج مع هواء الزفير فى صورة غاز ثانى أكسيد الكربون . ويذوب الأوكسجين فى الماء ( ٤ر . سنتيمتراً مكعباً منه يمكن أن تذوب فى جرام واحد من الماء فى الأحوال العادية ) ، ولذوبانه هذا فى الماء أهمية عظيمة إذ تستمد الحيوانات والنباتات المائية ما يلزمها للتنفس من الأوكسجين المذاب فى الماء .

ويدخل الأوكسجين أيضاً فى عمليات الاحتراق كافة ، ويكون الأكاسيد ومنها ثانى أكسيد الكربون ، إلا أن نسبة الأزوت العالية فى الجو تقلل من حدة الأوكسجين فى جميع

---

\* أى أن مكونات السحب ليست فى حالة الغازية كالبخار ، وإنما فى حالة السيولة أو العلابة ، مع تشبع جو السحابة تماماً ببخار الماء .

هذه العمليات ، وذلك لأن الأوزون لا يساعد على الاحتراق ،  
وكانما تحافظ الطبيعة بذلك على الحد من شدة عمليات الاحتراق  
على الأرض حفظاً للحياة عليها . أما ثاني أكسيد الكربون  
الذى يتكون فى الجو فتمتصه النباتات ثم تعيده إلى الجو  
أو كسجيناً خالصاً ، وهكذا تعثر كميات هذا الغاز العالقة  
فى الهواء سلسلة من التحور الدورى . والمفهوم أن الفحم  
الحجرى المعروف ما هو إلا من نتاج ما ادخرته النباتات التى  
انتشرت فى عصور الأرض الوسطى ( العصر الكربونى ) من  
ثاني أكسيد الكربون الذى كان يسود جو الأرض الأول .

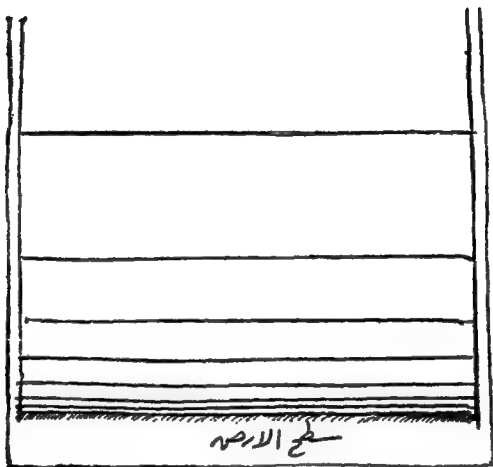
ومن أصناف الأوكسجين غير النادرة غاز الأوزون ، ويتم  
تركيبه من الأوكسجين باتخاذ ثلاث ذرات منه بدلاً من ذرتين  
كالعتاد ، وذلك بفعل الأشعة فوق البنفسجية التى ترسلها  
الشمس . والأوزون غاز مطهر ، يساعد على الاشتعال بشدة ،  
مما يجعل توفره فى بعض الأماكن أو تحت بعض الظروف  
الخاصة سبباً فى إتلاف بعض الصناعات . وهو أثقل من  
الأوكسجين مرة ونصف مرة وأكثر منه قابلية للذوبان  
فى الماء ، إلا أنه يتحلل ببطء فى درجات الحرارة العادية  
ويتحول إلى أوكسجين . وتتغير كمياته على سطح الأرض

تبعا للأحوال الجوية ، وهى تزداد عموما بازدياد خط العرض ، كما تزداد فى الشتاء والرياح وتقل فى الصيف . ويكثر تواجد الأوزون على ارتفاعات تتراوح بين ١٠ و ٥٠ كيلو مترا من سطح الأرض ، داخل طبقة من القشرة الهوائية تعرف باسم «الأوزونوسفير» .

ولما كان الغلاف الهوائى عبارة عن طبقات من الهواء مرصوفة فوق بعضها بعض ( شكل ١ ) نجد أن أكثر الطبقات كثافة وأكثرها تضاعفا هى الطبقات القريبة من سطح الأرض ، حيث يتركز نحو نصف كتلة هواء الأرض بأسره فى الستة الكيلو مترات الأولى ، بينما ينتشر النصف الآخر فى الطبقات التى تملو ذلك وتمتد إلى مشارف الفضاء الكونى . وبطبيعة الحال يتبع نقص الهواء مع الارتفاع نقص فى كميات الأوكسجين كذلك ، بحيث إذا ما بلغنا ارتفاعا معيناً\* لا يكتفى الأوكسجين الجوى للتنفس ويشعر المرء بضيق

---

\* خلق الإنسان على مثل هذه الارتفاعات فى هذا العصر فقط باستخدام المناطيد والطائرات ثم الصواريخ ، وبطبيعة الحال تسبق منذ القدم الجبال العالية ، إلا أنها لم تلهى إلى ادراك هذه الحقيقة حتى يقرر بها يمثل هذا الجلاء والوضوح .

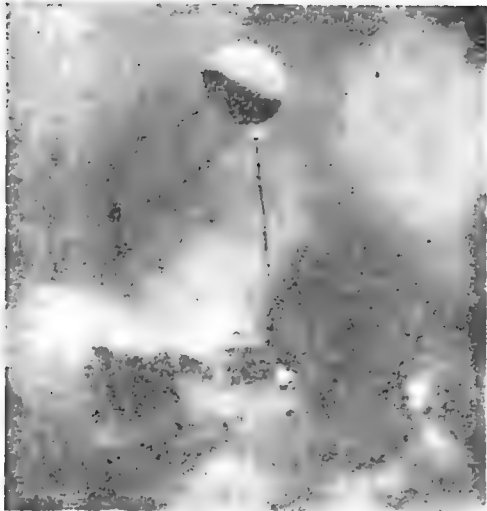


( شكل ١ ) يمثل تضاغط طبقات الغلاف الهوائى

الصدر والاختناق . وجدير بالذكر أن القرآن هو أيضاً أول كتاب عبر عن هذه الظاهرة ووضحها حين قال في سورة الأنعام : « ..... ومن يرد أن يضله يجعل صدره ضيقاً حَرَجاً كأنما يَصْعَدُ في السماء » .

ومن أخف مكونات الهواء وأندرها وجوداً فإذا الإيدروجين والهيليوم ، إلا أن الهيليوم بخلاف الإيدروجين غير قابل للاشتعال ، ولذلك فهو يستخدم في تعبئة المناطيد التي تحمل البشر إلى أعالي الجو للكشف عن معالنه . وبسبب سهولة الحصول على الإيدروجين من مكوناته بالطرق الكيميائية فإن هذا الغاز الخفيف يستخدم في تعبئة البالونات التي تحمل أجهزة الرصد الجوي أو أجهزة الراديو سوند - ( شكل ٢ ) التي يتم بواسطتها رصد خصائص أو عناصر الجو العلوى ( إلى ارتفاع نحو ٢٠ كيلو متراً مثلاً ) .

والهواء قابل للانتشار ، ومعنى الانتشار أنه يملأ الفراغ الذى يعرض له وينفذ داخل مسام الأرض . ولهذا السبب نفسه تعتبر نهاية الجو من أعلى غير محدودة تماماً ، فالهواء مهما قلت كميّاته فى أعالي الجو يستطيع أن ينتشر فى الفراغ الكونى بحيث لا يمكن تحديد الارتفاع الذى ينعلم فيه تماماً . وهناك

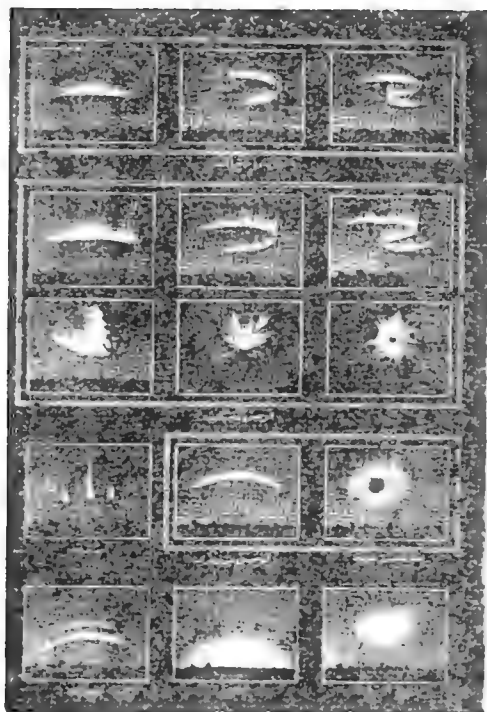


( شكل ٢ ) البالون يرتفع في الجو حاملا جهاز الراديو سوند



ظواهر طبيعية تدل على وجود الهواء على ارتفاعات شاهقة تزيد على ألف كيلو متر . ومن أهم هذه الظواهر « الفجر القطبي » أو « الوهج القطبي » الذي يسميه الفرنجة « الأورورا » ، وهو تفرغ كهربائي في هواء مغلغل قليل الضغط جداً ، كما هي الحال داخل الأنابيب الكهربية المفرغة . ويشاهد الفجر القطبي أكثر ما يشاهد في المناطق القريبة من القطبين بسبب ما يحجزه مجال الأرض المغناطيسي من الأشعة الكونية ، ولهذا أطلق عليه اسم الوهج القطبي ، وهو يضيء السماء بأنوار خلابة ، ويتبدل كالستائر ذات الألوان العجيبة ، وله حافة حمراء يتبها لون أصفر (شكل ٣) ويدل التحليل الطيفي لأضواء « الأورورا » على استمرار وجود الأوكسجين والأزوت في تلك الطبقات العليا وانعدام الغازات الخفيفة كالإيدروجين والهيليوم ، وفُسرَت هذه الظاهرة على أن تلك الطبقات إما أن تخلو فعلاً من الغازات الخفيفة ، أو أن المجال الكهربائي هناك لا يكفي لإحداث طيف الإيدروجين أو الهيليوم ، أو أن الغازات الخفيفة سهلة الإفلات أو التسرب إلى خضم الفضاء اللانهائي .

وإذا سمح للهواء بالانتشار ، بأن ازداد حجمه لتقليل الضغط عليه هبطت درجة حرارته من تلقاء نفسها ؛ وعلى عكس ذلك



( شکل ۳ ) « الأورورا » او الفجر القطبي  
( عن كتاب كيف رُقب السماء )

إذا ضغط الهواء وانكش ارتفعت درجة حرارته من تلقاء نفسها أيضاً على حساب الطاقة الداخلية للغاز ، ولهذا تسمى هذه الظاهرة باسم ظاهرة التبريد أو التسخين الذاتي «الادياباتيكي» ، وهي تلعب الدور الرئيسى فى نشاط الغلاف الهوائى بأسره عندما تتحرك أجزاء منه فى الاتجاه الرأسى ، فالهواء إذا ضغط قل الضغط الواقع عليه وانتشر ، وهو إذا هبط زاد عليه الضغط وانكش ، ويتبع ذلك حتما تبريده فى الحالة الأولى وتسخينه فى الحالة الثانية من تلقاء نفسه .


ويقدر معامل التبريد الذاتى فى الهواء الصاعد ، أى مقدار النقص فى درجة حرارة الهواء كلما صعد ١٠٠ متر ، بنحو درجة واحدة مئوية لكل ١٠٠ متر إذا لم يصحب صعوده أى تكاثف لبخار الماء الذى يحمله فى صورة مطر ، أما إذا حدث التكاثف بسبب التبريد هذا وما يتبعه من نقص قدرة الهواء على حمل أبخرة المياه فإن المعامل ينقص إلى ٦ و ٠ درجة مئوية لكل ١٠٠ متر ، وذلك نظراً لانطلاق الحرارة الكامنة للبخار فى هذه الحالة . والحرارة الكامنة للبخار هذه هى الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل جرام من الماء السائل إلى بخار ، فإذا تكاثف البخار بعد ذلك انطلقت هذه الحرارة الكامنة ، وهى أصلاً ما اكتسبته

مياه البحار والمحيطات من طاقة الإشعاع الشمسى لتتحول إلى بخار .

والتبريد الذاتى هو الطريقة الوحيدة التى تؤدى إلى عمليات التكاثف المستمر فى الجو ، أى تحول أبخرة المياه العالقة فيه إلى نقط من الماء أو بلورات من الثلج ؛ كما هى الحال فى السحب أو الهطول بأنواعه من مطر أو برد أو ثلج تبعاً للظروف الخاصة من درجات الحرارة ومدى انخفاضها تحت الصفر أو نقطة الجليد، وأنواع ما يسمى « نويات التكاثف » التى تتجمع عليها جزيئات بخار الماء عند ابتداء التكاثف، وسوف يأتى تفصيل كل ذلك .

---

## العناصر الجوية

ما يمكن أن نقيسه من صفات الهواء الطبيعية أو قدره  أو حتى نصفه ، بدقة علمية يسمى عنصراً جويّاً .  
وأهم العناصر التي تحدد طبيعة الهواء في أى موطن هي :

- ١ — درجة الحرارة .

- ٢ — درجة الرطوبة ، أى كمية بخار الماء التي يحملها الهواء .

- ٣ — الرياح من حيث الشدة والاتجاه .

- ٤ — درجة شفاية الهواء ، أو مدى الرؤية .

- ٥ — الضغط الجوى .

- ٦ — السحب من حيث أنواعها وكمياتها .

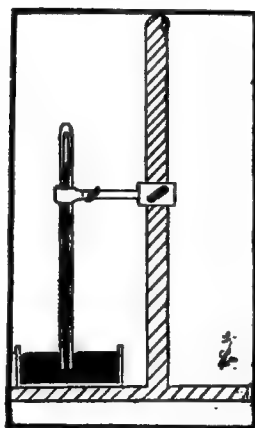
- ٧ — مقدار الهطول ونوعه من مطر أو برد أو ثلج . .

- ٨ — الحالة الراحنة للجو من حيث تواجد أو اقتراب

أو انتهاء العواصف ، مثل عواصف الرعد أو الرمال أو عواصف الثلج . . .

والغلاف الهوائى كإى جسم مادى على الأرض له وزنه ،  
أو ضغطه ، ويقدر الضغط الجوى عند أية نقطة بوزن عمود

المواء المقام على وحدة المساحات ( السننيمتر المربع ) حول هذه النقطة والممتد إلى قة الجو . وكلما بعدنا عن سطح الأرض نقص طول هذا العمود ، وعلى ذلك يقل الضغط الجوى كلما بعدنا إلى أعلى ؛ ويعادل وزن هذا العمود عند أية نقطة فى مستوى سطح البحر وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦ سننيمتراً هى طول عمود الزئبق فى الضغط الزئبقى أو البارومتر ( شكل ٤ ) .



شكل ( ٤ ) للضغط الزئبقى أو البارومتر

وتتلخص فكرة عمل البارومتر في أنه إذا ماملئت أنبوبة زجاجية طولها نحو متر ذات طرف واحد مفتوح بالزئبق النقي، ثم نكس هذا الطرف المفتوح في حوض به زئبق ، وأخذت الأنبوبة انجهاً رأسياً ، فإن قبة الزئبق فيها تهبط حتى تصل إلى ارتفاع نحو ٧٦ سنتيمتراً فوق سطح الزئبق الذي في الحوض ، بينما يبقى أعلى الأنبوبة فارغاً أو خالياً من المادة ؛ ويعرف هذا الفراغ باسم فراغ تورشيلي ، العالم الإيطالي الذي اخترع البارومتر ، ويكون وزن عمود الزئبق في أنبوبة البارومتر مساوياً تماماً للضغط الجوي ، ويتغير تبعاً له .

ويقدر متوسط الضغط الجوي على السنتيمتر المربع الواحد عند سطح الأرض في مستوى سطح البحر بنحو وزن كيلو جرام واحد ( أو وزن ١٠٠٠ جرام ، وهي تساوي نحو ١٠١٣ وحدة لقياس الضغط تسمى مليبار ) ؛ ومعنى ذلك أن الهواء يضغط على كل سنتيمتر مربع من أجسامنا بقوة تعادل في المتوسط وزن كيلو جرام واحد . ولما كانت مساحة سطح الأرض تعادل نحو  $\bullet \times ١٠١٠$  سنتيمتراً مربعاً فإن كتلة الغلاف الهوائي بأكمله تعادل نحو  $\bullet \times ١٠١٠$  كيلو جراماً أي خمسة متبوعة بثمانية عشر من الأصفر من الكيلو جرامات !

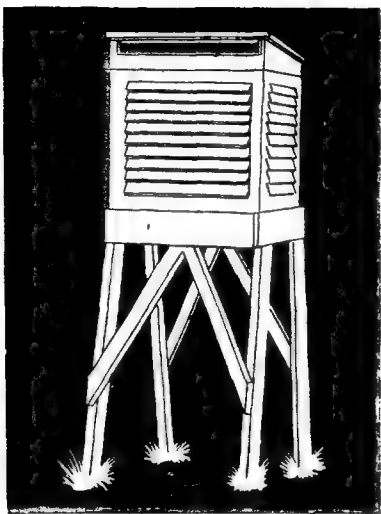
ويهبط الضغط سريعاً إذا صعدنا إلى أعلى ، فعلى علو ٢٢ كيلو متراً نكون قد تخلصنا من نحو ٩٨٪ من وزن الغلاف الجوى بأكمله ، وعلى علو ١٨٠ كيلو متراً يصل الضغط إلى أجزاء معدودات من عشرة ملايين جزء من قيمته عند السطح . ولما كانت درجة غليان السوائل ، ومنها الدم ، تتوقف على قيمة الضغط المحيط بها ، بحيث إنه كلما انخفض الضغط قلت درجة الحرارة التي يبدأ عندها السائل في الغليان ، نجد أنه على ارتفاع ١٩ كيلو متراً فقط — أى تحت ضغط ٤٧ ملليمترًا من الزئبق — يغلى الدم فى درجة حرارة الجسم العادية ؛ وهى ٣٧ درجة مئوية ؛ ويؤدى غليان الدم هذا إلى الإغماء السريع الذى يحدث فى مدى لا يتجاوز من ١٥ إلى ٣٠ ثانية فقط ؛ ولهذا يجب أن يزل رواد الجو العلوى عن الهواء الخارجى داخل مركبات خاصة محكمة الإغلاق يحتفظ داخلها بضغط عادى بما اعتاده البشر على الأرض .

ويتغير الضغط الجوى على سطح الأرض بتغير الزمان والمكان ، تبعاً لموامل عديدة منها اختلاف الكثافة باختلاف درجة الحرارة ؛ وكميات أبخرة المياه العالقة ، وطبيعة الحركة ؛ ويتبع هذه التغيرات اختلافات واضحة فى الرياح وشدتها ،



فاختلافات الضغط الجوى من مكان لآخر هى التى تعطى القوة الدافعة للهواء على الحركة . وعندما يهبط البارومتر عموماً — أى يقل طول عمود الزئبق منه — يكون ذلك نذيراً باقتراب العواصف ، كما أنه عندما يرتفع يدل ذلك على تحسن الجو ، أو على الأقل الميل إلى التحسن . وكثيراً مايكتب على البارومترات التى تحملها السفن كلمة اضطراب عند قراءة ٢٩ر٥ بوصة ، وكلمة مطر عند قراءة ٢٩ بوصة ، ومطر غزير عند قراءة ٢٨ر٥ بوصة ، وطافرة عند ٢٨ بوصة ، رغم أن مثل هذا التقسيم لا يلزم أن يتخذ كقاعدة ثابتة دائماً .

أما درجة الحرارة فهى تقاس بترمومترات زئبقية عادية تعلق على حوامل داخل أكشاك خشبية خاصة لا تلجها أشعة الشمس المباشرة ، سهلة التهوية ، جوانبها مصنوعة من الشيش ، وذلك حتى تعطى هذه الترمومترات درجة حرارة الهواء الحقيقية ( أى فى الظل ) ، وتعرف هذه الأكشاك باسم أكشاك الرصد الجوى شكل (٥) . وبهذه المناسبة نذكر أنه لا يوجد أى معنى لقياس درجة الحرارة فى الشمس ، لأن كل جسم تسقط عليه أشعة الشمس المباشرة يكتسب درجة حرارة خاصة به لا تعتمد على الهواء المحيط به بقدر اعتمادها على طبيعة الجسم ولون سطحه .



( شكل هـ ) كشك الرصد الجوى  
( عن كتاب فلتسأل رجل الارصاد )

وأكبر عناصر الجو تأثيراً على الإنسان بطريقة مباشرة درجة الحرارة ، ويظهر أثرها عليه أول ما يظهر في لون بشرته. ولهذا نجد أن أهم مزايا البشرة السوداء الوقاية من الشمس وأشعتها المحرقة التي تتوفر في المناطق الحارة ، بينما الجلد الأبيض يلائم البرودة والاحتفاظ بما يتولد في الجسم من حرارة ، أما الأسمر والأصفر والأحمر فهن ألوان متوسطة تلائم المناطق الصحراوية أو المتوسطة الحرارة عموماً ؛ ولئلا هذه المزايا الطبيعية للألوان يرجع السبب المباشر لتنوع أجناس البشر واختلاف ألوانهم وسخنهم ، فهناك فروق ظاهرة بين أجناس البشر التي تجوس خلال ثلوج القطب وأهويته الباردة (الاسكيمو) ، والشعوب البيضاء التي تقطن المناطق المعتدلة الممطرة ، والعرب السمر المنتشرين من حوض البحر الأبيض المتوسط إلى صحارى الرياح التجارية الجافة الدافئة ، والأجناس السوداء المتغلغلة في المناطق الاستوائية الممطرة الحارة .

ويقول بعض العلماء ( لاعتبارات لازوم للتقيد بها ) إن أصلح الأجواء للإنسان وأكثرها موافقة له لكي يبلغ إنتاجه حده الأعلى ، ويرتفع مستوى نشاطه إلى الذروة القصوى ، ما تراوحت فيه درجة الحرارة بين ١٥ و ٢٥ درجة ستجrad

مع رطوبة متوسطة أو مرتفعة قليلا ، على أن تكون الرياح معتدلة خالية من الأتربة والشمس ساطعة ، ومثل هذا هو الجو المثالى الذى يتطلع له الناس بحق ، ويقل فيه توله الجرائم وانتشارها ، ومن أمثله أجواء زيلنده الجديدة وساحل كاليفورنيا وأغلب مناطق البحر المتوسط . ويعلم فريق من العلماء بإمكان التحكم فى الجو ، وتوفير مثل هذه الحالات فى بعض أرجاء الأرض بطرق صناعية تقوم على أساس استخدام الطاقة الذرية .

وفى العادة لا ينجح المهاجرون أو المستعمرون فى هجرتهم ، ولا يستقر بهم اللقام ، ولا يهنا لهم الميش ، إلا إذا كانت هجرتهم إلى مناطق جوها يشابه جو الإقليم الذى نزحوا منه ؛ فسكان أسبانيا مثلا ينجحون فى البرازيل والأرجنتين ، بينما يمانى الأوريون صنوف العذاب من الإقامة فى افريقيا ؛ والرجل الأبيض عموما لا يصلح لسكنى المناطق الحارة ، وهو فيها يصبح كسولا بعمى الوقت ، وينخفض مستوى نشاطه وتفكيره . عن السكان الأصليين ، كما تظهر على ذريته أعراض النقص العظيم فى العقل ، وكثيرا ما يسرف فى شرب الخمور . ومن العناصر الجوية التى تؤثر تأثيرا مباشرا على جسم

الإنسان ، وتزيد من شعوره بوطأة الحر ، درجة الرطوبة .  
وفي مصر — بل وفي أغلب الوادى — تزداد رطوبة الجو  
في نفس الموسم أو الفصل الذى تزداد فيه درجة الحرارة عموماً  
أى خلال الصيف ، وخصوصاً في شهرى يوليو واغسطس ،  
وهو أيضاً موسم الفيضان . ويظهر تأثير الحرارة والرطوبة  
مماً على الأجسام أول ما يظهر في انتشار ذلك الطفح الجلدى  
المعروف باسم « \* حوالنيل » ، وتزداد الوطأة ويشعر الإنسان  
بالضيق بحلول « زمته » النيل ، وهى فترة غير قصيرة تسود فيها  
حالات السكون أو رياح خفيفة مع جو حار رطب مقبض  
في أواخر الصيف . وتعمى زيادة الرطوبة . بدرجة غير مادية  
في هذه الشهور إلى بعض التغيرات الأساسية التى تحدث في طبيعة  
الأموية التى تنساب إلى شمال الوادى ، إذ يقتصر انتشار بخار  
الماء المتصاعد من الأسطح المائية المتعددة على طبقة الهواء  
السطحية التى لا يزيد امتدادها رأسياً إلى أكثر من نحو ٥٠٠ متر  
في أغلب الحالات ، بينما ينساب من فوقها هواء ساخن جاف .  
والعلة في جفاف هذا الهواء العلوى وتسخينه تساقطه أو هبوطه

---

(\*) كما ترتفع أيضاً نسبة الجراثيم ، وحالات الهياج العصبى ونحوهما

بطبيعة حركته من طبقات أعلى منخفضة الضغط نسبياً إلى طبقات أدنى مرتفعة الضغط ، وكما قلنا نجد أن الهواء « كسائر الغازات » إذا زاد عليه الضغط وانكش ارتفعت درجة حرارته من تلقاء نفسها ، والعكس بالعكس . وتصبح الطبقة الساخنة المتساقطة من أعلى بمثابة الغطاء الذى يحول دون تسرب أغلب أبخرة المياه التى فى الطبقة السطحية إلى أعلى ، وهكذا تتراكم الرطوبة وتزداد بشكل ظاهر فى الجو السفلى ، وقد تصل إلى درجة التثبيح ، ويصحب هذه الظاهرة أيضاً تعدد حالات تكوين السحب للأنخفضة فى الصباح وأثناء الليل ؛ وقد تهبط قواعد هذه السحب عند شروق الشمس فتصل إلى سطح الأرض فى كثير من بقاع الدلتا حيث تمنذر الرؤية وتصبح حالة الجو خطرة على الطيران من هذه الناحية .

وفى العادة تقاس درجة الرطوبة باستخدام « الترمومتر المبلل » ، وهو ترمومتر عادى ، على خزانه قطعة من القماش للندى بالماء من حوض خاص صغير معد لهذا الغرض ويسطى هذا الترمومتر درجات من الحرارة أقل من درجات حرارة الترمومتر الجاف المخصص لتعيين درجة حرارة الهواء ، ويمكن بواسطة تعيين الفرق بين درجتى حرارة الترمومتر المبلل

والترمومتر الجاف أن يحسب درجة رطوبة الهواء من جداول خاصة شائعة الاستعمال في محطات الرصد الجوى ، وهناك أجهزة عديدة علمية لتحمين الرطوبة بطرق مريحة ، ومن اللطيف أن يعود طلبة المدارس الثانوية على رصد عناصر الجو في مدارسهم كل يوم ، لأن ذلك يزيد من قدرتهم على فهم علم الفيزياء ، كما يربى ملكة حب الاستطلاع ، وفي كثير من الأمم توجد جماعات من هواة الرصد الجوى تظل ترصد عناصر الجو في مزارعها أو حقولها خلال عشرات السنين وتتبرع بإرسالها إلى إدارات الارصاد إلى آخر أيام حياتها . ومن هؤلاء جديرون بالتكريم .

وللعروف أن الانتاج البشرى في أية بيئة يبلغ أقصى معدلاته عندما تتساوى كميات الحرارة للتولدة داخل الجسم الحى مع الحرارة التى تفقد عند سطحه الخارجى بطرق التبريد المختلفة ، مثل توصيل البرودة من الجو إلى سطح الجسم مباشرة باللماسة ومثل حمل الحرارة الزائدة مع الدورة الدموية من داخل الجسم إلى خارجه حيث يتم تسربها إلى الجو وفقدائها فيه ، ومثل

التبريد بافراز العرق وتبخيره ، وتنضمن هذه العملية الأخيرة فقد كيات كبيرة من حرارة الجسم في البيئات الحارة غير الرطبة إذ أن السنتيمتر المكعب الواحد من العرق يستنفذ أكثر من ٦٠٠ سعر حرارى لتبخيره في درجات الحرارة العادية ، ويزداد معدل افراز العرق بواسطة الغدد العرقية بازدياد درجة حرارة الجو وأثناء القيام بأعمال عضلية ، أما في البيئات الرطبة فإن رطوبة الجو تحول دون تبخر العرق ، ويبقى عامل التبريد هذا معطلا . وإذا ما توفرت الحرارة والرطوبة معاً فإن درجة حرارة الجسم يمكن أن ترتفع رغم افراز العرق بحيث تعلق حثيثا فوق درجة ٣٧ سنتجراد ، وعندها يهبط اندفاع الدم تدريجيا ، وتزداد ضربات القلب ، ويصاب الإنسان بالحمى ، حتى إذا ما وصلت درجة حرارته حدود ٤٢ درجة سنتجراد تعرض لضربة الشمس القاتلة حتى ولو لم يكن معرضاً لأشعتها المباشرة « أى في الظل » ، وهنا يجب للمبادرة بتبريد الجسم بطرق صناعية .

وفي حالات الجو العادية عندنا يشعر الجسم العارى تقريبا بالراحة التامة في درجات من الرطوبة متوسطها ٥٠ ٪ مثلا



من حالة التشبع إذا كانت درجة حرارة الهواء ٣٠ درجة  
سنتجrad ، حيث تصل متوسطات درجات حرارة الجلد إلى نحو  
٣٣,٥ درجة سنتجrad ، بينما تشعر الأجسام للغطاء بالملابس  
العادية بالراحة إذا ظلت درجة الحرارة تتفاوت بين ٢٧ درجة  
و ٢٨ درجة سنتجrad ، حيث تصل متوسطات درجات حرارة  
الجلد إلى نحو ٣٣,٥ أيضا ؛ وكلما ارتفعت درجة رطوبة الهواء  
فوق ٥٠ ٪ كلما قل الشعور بالراحة ، وبخاصة إذا وصلت  
الرطوبة إلى ٨٠ ٪ من حالة التشبع حتى في الأجواء الباردة .  
وليس معنى ذلك أن الهواء الجاف تماما أحسن حالا ، فإن  
الفترات القصيرة من الجو الجاف تنشط الإنسان ، إلا أن دوام  
التعرض للأجواء الجافة يسبب آلام الرأس « الصداع » .

ومن العناصر التي تساعد على تبريد الجسم أو تبخير العرق  
الرياح ، وفي العادة لا يتم الشعور بالراحة في المناطق الحارة  
عندما يسكن الهواء ، إذ تقل قوة التبريد ، وهي تقاس عادة  
بجهاز خاص يطلق عليه اسم « ترمومتر كاتا » .

ومهما يكن من شيء فقد قسمت الأجواء المختلفة تبعا لقوة  
التبريد « مقدرة بالسعر الحراري في الثانية لكل سنتيمتر مربع  
من السطح المعرض » ، إلى الأنواع المبينة في الجدول رقم (٣) .

نوع الجو	قوة التبريد « سر »
حار ولا يحتمل غالبا	من ٠,٠٠ إلى ٠,٠٥
يمتد على الحمول غالبا	من ٠,٠٥ إلى ٠,١٠
منعش ولطيف	من ٠,١١ إلى ٠,٢٠
بارد ومنشط	من ٠,٢١ إلى ٠,٣٠
بارد ولا يحتمل	من ٣١ إلى ٠,٤٠

جدول رقم (٣) قوة التبريد في الأجواء المختلفة

هذا ومن الضروري أن تزيد قوة التبريد في المصانع على ٠,١٠ سر ، وفي المكاتب على ٠,١٥ سر ، وإلا كان من اللازم استخدام المراوح كوسيلة من وسائل التبريد الصناعي في الصيف ، وهي بذلك لا تعتبر ضربا من ضروب الكماليات التي لا لزوم لها كما قد ينطرق إلى الأذهان .

ويمكن تلخيص الفائدة من رصد عناصر الجو فيما يلي : —  
 أولا : رصد عناصر الجو في ساعات معينة كل يوم في كافة انحاء الأرض بواسطة محطات الرصد الجوي ، ثم يذيع كل قطر أرصاده التي جمعها على شفرة دولية بواسطة اللاسلكي لتلتقطها الاقطار الأخرى ، ومن ثم توقع الأرصاد على خرائط خاصة

هى خرائط الطقس التى تظهر حالة الجو الفعلية على مساحة واسعة من سطح الأرض . وعندما تدرس التغيرات الجوية التى تطرأ من ساعة إلى أخرى ، أو من يوم إلى آخر يمكن استنباط أسباب هذه التغيرات وتفسيرها علميا ، وكذلك تحديد العوامل التى تؤدى إلى حدوث ظاهرة معينة كمواصف الرعد وعواصف الرمال وللطر الخ . . . . وهذه هى الفكرة الاساسية فى التنبؤ الجوى ، الذى يعتبر من أهم أهداف دراسات الغلاف الهوائى دراسة علمية سليمة .

ثانيا : يمكن حساب متوسطات هذه العناصر فى كل محطة أو اقليم لكل شهر أو فصل من فصول السنة ، ومن ثم يمكن تحديد مناخ هذا الاقليم وخواصه الجغرافية بالأرقام .

مثالنا : يحدث أن يعزو بعض الناس طائفة من الحوادث الهامة إلى الجو : مثل الحريق بسبب شدة الرياح أو عظم ارتفاع الحرارة ، ومثل التصادم بسبب انتشار الضباب وانعدام الرؤية ، ومثل الشجار بسبب شدة وطأة الجو والرطوبة . . . الخ

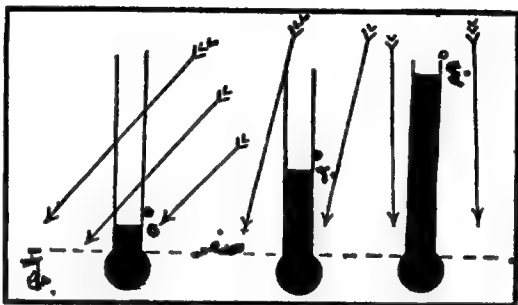
فى إحدى دور القضاء بالقاهرة قدم أحد اصحاب السيارات للمحاكمة بتهمة ارتكاب حادث فى الطريق الزراعى نتيجة لزيادة السرعة ، إلا أنه ادعى أن السبب إنما يرجع إلى الضباب

الذى حال دون رؤية الأشياء بوضوح . وادعى أحد التجار أمام  
احدى محاكم الاسكندرية أن بضاعته قد تلفت بسبب انهيار للطر  
وطلب التعويض من المسئولين لاهالمهم فى نقل البضاعة : مثل هذه  
الأمور كلها تحال إلى المختصين من رجال الرصد الجوى لاطهار  
الحقيقة ، وذلك مما جمعوا من أرصاد مهما تقدم عليها المهد  
وظن الناس أن أسرها قد فات وأن معالمها قد اندثرت ولاسيبل  
إلى الرجوع إليها بحال من الأحوال .

## دورة الرياح العامة

**إثبات** درسنا متوسطات العناصر الجوية خلال فترات طويلة لمحطات الرصد المختلفة على الأرض وجدنا أنها يمكن أن توزع في صورة بسيطة مفهومة ، كما أنها ترتبط ببعضها البعض : فالتوزيع العام لدرجات الحرارة يتبع الوضع الظاهري للشمس التي هي مصدر الحرارة في جو الأرض بأسره ؛ ويتبع توزيع الضغط على الأرض إلى حد كبير توزيع درجات الحرارة التي تتحكم في كثافة الهواء ، بحيث يقل الضغط الجوي هبوطاً حيثما ترتفع درجة الحرارة ويزداد حيثما تنخفض . أما توزيع الرياح في صورة دورة عامة فهو بدوره يتبع توزيعات الضغط الجوي .

ومن البديهي أن تتواجد درجات الحرارة العظمى في المناطق الاستوائية حيث تكاد تتعامد أشعة الشمس طوال العام ، فكما تعامدت الأشعة على سطح الأرض ازدادت درجة حرارة الهواء والمكس بالمكس كما هو مبين في شكل ( ٦ ) ؛ على أنه نظراً



( شكل ٦ ) اختلاف درجة حرارة الهواء باختلاف  
زاوية ميل الاشعاع الشمسى

اختلاف طبيعة الماء واليابس (\*) نجد أن سطح البحر يكون  
في فصل الشتاء أسخن أو أدفاً من سطح اليابس الذى يجاوره

(\*) يستفيد اليابس بما يمتصه من أشعة الشمس خلال فترة  
رقيقة جداً بسبب عدم شفافيته ، ولهذا ترتفع درجة حرارته سريعاً أثناء  
النهار ، أما الماء فهو شفاف نسبياً لأشعة الشمس ، ولذلك نجد أنها  
تتدفق عبر طبقات سميكة منه وتوزع خلالها ، كما تعمل تيارات الحمل في الماء  
على نقل الحرارة للكثبة إلى مسافات كبيرة ، كل ذلك بالإضافة إلى  
كبر الحرارة النوعية للماء بالنسبة لليابس ( ١ إلى ٢ و . تقريباً )  
واستغلال بعض الطاقة في عمليات البحر ، يجعل الأسطح المائية بطيئة  
الاستجابة لتغيرات الحرارة .

وأبرد منه في فصل الصيف صموماً ، ولهذا فإن أصفر درجات الحرارة التي ترصد في جو الأرض قاطبة تتوفر في شهر يناير ، ولكن ليس في مناطق القطب الشمالى حيث تلتقى تلوّج المحيطات، بل في شمال سيبيريا حيث تنخفض درجة الحرارة إلى ٧٠ تحت الصفر من الدرجات اللثوية . ولهذا السبب نفسه يعتبر القطب الشمالى الحرارى هو أواسط سيبيريا وليس القطب الجغرافى المعروف . ويمكن أيضا أن تبين الفروق بين طبيعة اليابس والماء إذا عرضنا ذلك التباين للناسخى الواضح بين منطقى القطبين الشمالى والجنوبى : فالقطب الشمالى بحر شبه مقفل تقريبا في حين أن القطب الجنوبى قارة يابسة (قارة الجنوب) يحيط بها المحيط عن كئب ، ولهذا نجد القارة الجنوبى شديدة البرودة ، جرداء تغطيها الثلوج طول العام ولما ترتفع في أطرافها درجة الحرارة فوق الصفر للثوى ، ولا تنمو على صخورها للكشوفة للرياح العاصفة سوى البطحالب والفطريات ، وتنعذب فيها الثدييات الأرضية ، ولكن توجد بعض أنواع الطيور وبعض الحشرات المجهرية ؛ أما منطقة القطب الشمالى فعلى النقيض من ذلك ، ترتفع على أطرافها درجة الحرارة في الصيف حتى تصل إلى منسوب يكفى لنمو بعض النباتات ، فتظهر أنواع من التاندورا وعجاميع

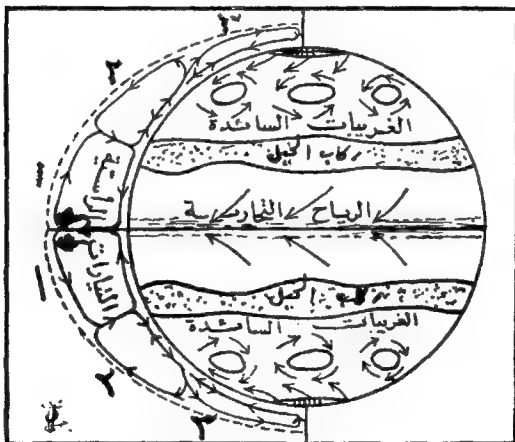
شقى من الزهور ، وكلما توغل المحيط إلى الشمال حمل على تلطيف الجو .

أما درجات الحرارة العظمى فتتواجد فى الصيف داخل القارات ، فتكون مثلاً منطقة صحراء أفريقيا الكبرى إلى صحراء العرب حزاماً يكاد يكون متصلاً ومقفلًا على درجات من النهايات العظمى التى تصل فى بعض المناطق إلى ٥٠ درجة مئوية أثناء النهار فى الظل ، فيما يعرف باسم ( خط الاستواء الحرارى ) .

ومهما يكن من شىء فإنه من البديهي أن يتبع تسخين الهواء وتمدده باستمرار عند خط الاستواء أو حوله تكوين منطقة أو حزام من الضغط الخفيف يكاد يمتد حول الأرض كلها ويعرف باسم « منطقة الركود » . ومن الطبيعى أن تتجمع أهوية مختلفة الصفات تجاه هذه للمنطقة ذات الضغط الخفيف ، وتهب نحوها فى صورة تيارات هوائية عظمى هى الرياح التجارية ، ثم لا يلبث هذا الهواء أن يرغم على الصعود بسبب التجمع فى صعيد واحد فتتشأ الأمطار الغزيرة عند خط الاستواء ، كما يفيض الهواء الصاعد فى الطبقات العليا ويتجه نحو المدارين حيث يتساقط ويضئ تيارات الرياح التجارية . وترتفع درجة حرارة الهواء للتساقط عند المدارين ، ويصبح جافاً مما يفسر انتشار الصحارى



في أرجاء المدارين ، كما يرتفع الضغط الجوي عند السطح بسبب تراكم الأهوية المتساقطة من أعلى ، ويتكون عند كل من المدارين حزام من الضغط العالي ، يكاد يكون متصلا حول الأرض — خصوصا على المحيطات — ، ويعرف باسم « حزام ركاب الخيل » . وهكذا تظهر خلية عظمى يدور فيها الهواء على النحو الموضح في الخلية رقم ( ١ ) من شكل ( ٧ ) الذي يبين الدورة العامة للرياح على الأرض .



( شكل ٧ ) الدورة العامة للرياح على الأرض .

ولأسباب معينة في طبيعة وحركة الهواء الذى يسود للناطق  
 للعتلة التى تمتد ما بين نحو خطى عرض ٣٥ درجة و ٨٠ درجة  
 شمالا وجنوبا ، نجد أن هذه للناطق تتولد فيها من آن لآخر  
 انخفاضات جوية متحركة ، أو أحزمة من الضغط الخفيف متحركة  
 تكون أشبه شئ بالدوامات التى ينخفض داخلها الضغط الجوى  
 ويدور من حولها الهواء فى اتجاه مضاد لاتجاه دوران عقرب  
 الساعة على النحو المبين فى شكل (٧) . وينجم عن دوام تولد  
 هذه الانخفاضات الجوية ( أو العرضية كما تسمى أحيانا ، لأنها  
 تولد وتنمو ثم تعود وتموت وتختفى مرة أخرى ) فى هذه المنطقة  
 أن تصبح منخفضة الضغط نسبيا ، فيندفع إليها الهواء قرب السطح  
 من مناطق الضغط العالى عند المدارين ( مناطق ركاب الخيل )  
 فى صورة تيارات عظمى هى الغريبات السائدة ؛ وتظهر بذلك  
 خلية أخرى عظمى يدور معها الهواء فى كل من نصف الكرة  
 على النحو للوضح بالخلية رقم (٢) من شكل (٧) .

أما عند القطبين ، حيث تنخفض درجة حرارة الهواء  
 السطحي انخفاضاً كبيراً لبرودة سطح الأرض بسبب قلة ما يرد  
 إليها من الإشعاع الشمسى ، فترتفع كثافة الهواء ، ويتناقل إلى  
 إلى أسفل أو يهبط مكوناً منطقتين من مناطق الضغط العالى

تعرف كل منهما باسم « الطاقة القطبية » ويهب الهواء السطحي من الطاقة القطبية إلى أحزمة الضغط المنخفض نسبياً في المناطق المعتدلة ، وذلك في صورة تيارات عظمى شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي ، وجنوبية شرقية في نصف الكرة الجنوبي ، ثم لا تلبث أن تلتقي هذه الرياح الباردة بالرياح السائدة فتدفعها إلى أعلى لثم الدورة في الحلبة رقم (٣) — راجع شكل (٧) — ؛ كما تتولد الانخفاضات الجوية المرضية نتيجة هذا التلاق .

ويدور الغلاف الهوائى أو يلف مع الأرض حول محورها كجزء منها تماماً ، وتحتفظ أجزاءه المختلفة بكية الدوران التى تجمعها عند كل خط من خطوط العرض ، وهى كية تتوقف على البعد عن المحور ، ولهذا نجد أن أكبر كية للدوران تلك التى تجمعها الأهوية الاستوائية ، وأقلها تلك التى يكتسبها الهواء القطبي . وعلى هذا الأساس نجد أنه إذا ما تحركت أجزاء من الجو صوب خط الاستواء أو بعيداً عنه ينجم عن اختلاف كميات الدوران هذه أن ينحرف الهواء للتحرك تجاه الشرق أو الغرب حسب ظروف تحركه ؛ فالرياح التجارية التى تهب من مناطق للدارين إلى مناطق خط الاستواء تنحرف صوب الشرق وتصبح

شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالى وجنوبية شرقية في نصف الكرة الجنوبي ؛ أما الرياح التى تهب من مناطق الدارين متجهة إلى حيث الانخفاضات العرضية ( أو مقربة من القطبين ) فإنها تنحرف صوب الغرب مكونة الغريبات السائدة وهكذا تتضح القاعدة ويصبح من اليسير أن تفسر انحراف الرياح فى دورتها العامة الممثلة فى شكل ( ٧ ) .

بجمل القول ان الرياح التجارية رياح شرقية عموماً ، وهى تهب بشدة فوق المحيطات حيث تكون أثبت أنواع الرياح على الأرض ؛ كما انها تلعب دوراً هاماً فى توزيع العواصف التى تكتسبها الأرض من الاشعاع الشمسى فى المناطق الحارة . وهذه الرياح لا ينتابها من آن لآخر الا بعض الاضطرابات التى تكون فى صورة أمواج قد تسبب ظهور للمناطق الحارة . أما داخل القارات فإن حزام الرياح التجارية كثيراً ما ينقطع ويصبح غير متصل ؛ وتكثر فى مناطق هبوبها الصحارى مثل الصحراء الكبرى و صحراء العرب .

أما الغريبات السائدة فهى رياح ممطرة غير ثابتة ، تتغير شدتها واتجاهها تبعاً لدورتها المحلية حول ما قد يتولد من انخفاضات عرضية . وفى المحيط الاطلسي تدفع الغريبات الباردة

معها تيار الخليج الحار الذي يحمل معه الدفء إلى شواطئ غرب أوروبا حتى خط عرض ٨٠ درجة شمالاً . ونظراً لمحبوبها من مناطق ساخنة إلى أخرى أبرد نسبياً ، واحتمال ارتفاعها فوق تيارات القطب الباردة من آن لآخر ، فإنها تعاني سلسلة من عوامل التبريد تجعلها رياحاً ممطرة . وتتحرك منطقة الغريبات السائدة ( وسائر مناطق دورة الرياح العامة ) صوب الشمال أو الجنوب تبعاً لحركة الشمس الظاهرية على مدار العام ؛ ولهذا فهي في فصل الشتاء تدفع صوب الجنوب بحيث تغمر منطقة البحر الأبيض المتوسط وتصبه بأمطارها ، مما يفسر أمطار هذه المنطقة الشتوية ؛ أما في الصيف عندما تصل الشمس ظاهرياً أقصى أوضاعها في الشمال فيقتصر هبوب الغريبات السائدة على المناطق المعتدلة شمال حوض البحر المتوسط . ومهما يكن من شيء فإن الشمس ووضعها الظاهري ، وما يتبع هذا الوضع من اختلافات في توزيع اشعاعاتها أو طاقاتها على الأرض كل هذه الاعتبارات هي المحدد الأول للتغيرات التي نشاهدها في الدورة العامة ، فضلاً عن كونها هي مصادر الطاقة في جو الأرض .

## مصادر الطاقة فـ جـو الأرض

**إشعاع** الطبيعي للطاقات في جو الأرض هو كما قلنا الإشعاع الشمسي ، إلا أن الهواء يكتسب هذه الطاقات بطرق غير مباشرة ، ثم تظهر في صور مختلفة الصفات ، كطاقة حركة كما في الرياح ، أو طاقة كهربائية كما في عواصف الرعد ، أو طاقة كامنة حرارية كما في أبخرة لياح العالقة في الهواء .

ويحتوى الاشعاع الشمسي للبشر قبل دخوله جو الأرض وتأثره به على نسب متباينة من الطاقات أو الإشعاعات ذات اللوجات الأثيرية المختلفة الطول والصفات ، إلا أنه يمكن حصر السواد الأعظم منها في حزمة أو مجموعة من الأشعة تحدها موجتان طول الأولى منهما نحو ١٧ و . ميكرون (\*) ، في منطقة الأشعة فوق البنفسجية ، وطول الثانية نحو ٤ أو ٥ ميكرون في نطاق الأشعة الحرارية المعروفة علمياً باسم تحت الحمراء . ولقد وجد بالقياس ( باستخدام أجهزة عديدة ) أن نسب الطاقة في الاشعاع

---

(\*) الميكرون وحدة لقياس الأطوال الصغيرة ، ويساوى جزءاً واحداً من عشرة آلاف جزء من السنتيمتر .

الشمسى ، أى مقادير ما يفد منها لكل ١٠٠ وحدة هى على النحو الآتى :

١ — حوالى ٠.٩/ أشعة فوق بنفسجية ؛ وهى حزمة تنحصر أطوال أمواجها ما بين ١٧ و . ميكرون ونحو ٠.٣٩ ميكرون وهذه من أقصر الأمواج التى ترسلها الشمس ولكن لا تميزها الأعين ، كما يتعذر على جانب كبير منها الوصول إلى سطح الأرض إلا إذا كان الهواء نقيا صافيا خاليا من كثير من الشوائب كالأتربة . وللجزء الذى يصل منها إلى سطح الأرض أثر فعال فى حفظ الصحة ومداواة الكثير من المرضى بالزلات الشعبية والسل والكساح ؛ ولهذا ينصح الأطباء بعمل حمامات الشمس بعيداً عن المدن وأتربتها ، وذلك فى مصحات الجبال العالية ، أو على سواحل البحار حيث الهواء النقي . وهذه الأشعة هى التى تسلب الأجسام ذلك اللون البرزى الجميل الجذاب للمعروف ولذا لوف بعد أخذ حمامات الشمس على الشواطىء ، ولكن أغلب الذين يأخذون تلك الحمامات لا يعرفون أنه لولا الغلاف الموائى الذى يحجب عنا جانباً كبيراً من إشعاعات الشمس الفتاكة ما استطاعوا تعريض أجسامهم لها لحظات معدودات .





لأسباب عديدة أهمها : الامتصاص ، أو حجز بعض الأشعة القصيرة واستهلاكها فعلا في طبقات الجو العلوى حيث تتحول إلى طاقة حرارية. وتختلف قدرة الغازات للكونة للهواء الجوى على الامتصاص ، إلا أن أهم الغازات التى تقوم بهذه العملية هى الاوكسيجين والنرى والأوزون فى أعالى الجو ، ثم بخار الماء فى الطبقات السطحية ومن أسباب تناقص الإشعاع الشمسى فى جو الأرض التناثر أو التشتت بحبيبات الهواء أو الاجسام الصغيرة السابحة فيه تماما كما تتناثر أمواج البحر وتشتت بالصخور التى على الشاطئ ، ثم الانعكاس ويتضمن ارتداد بعض الطاقات بالسحب والرمال التى تثيرها المواصل والبراكين ونحوها .

ويتغير مقدار الإشعاع الشمسى الذى يصل إلى بقعة ما من سطح الأرض بانتظام تبعاً لموامل فلكية أهمها :

١ — زاوية ميل الأشعة فى هذه البقعة ، ويكون التسخين كبيراً كلما تعامدت الأشعة على السطح كما قدمنا .

٢ — المسافة بين الشمس وهذه البقعة . وبطبيعة الحال تزداد كثافة الإشعاع كلما قلت المسافة ، وعموما نجد أن أقل قيم الإشعاع هى تلك التى تصل القطبين وأكبرها ما يقد إلى المناطق الاستوائية . ولو أننا اعتبرنا اليوم الحرارى هو متوسط كمية

الإشعاع الشمسى فى ٢٤ ساعة عند خط الاستواء واتخذنا هذا القدر وحدة للمقارنة تكون مقادير الإشعاع الشمسى على خطوط العرض المختلفة طوال العام مقدرة بالأيام الحرارية على النحو اللين فى الجدول رقم (٤) .

خط العرض	٥٠	٢٠	٤٠	٦٠	٨٠	٩٠
يوم حرارى	٣٦٥	٣٤٥	٢٨٩	٢٠٨	١٥٧	عدة أيام

جدول رقم (٤) الأيام الحرارية لخطوط العرض المختلفة

ونظراً لميل محور دوران الأرض بمقدار ٢٣.٥ درجة كما نعلم ، نجد أن لهذا الميل أكبر الأثر فى استقبال الإشعاع الشمسى على سطح الأرض ، فهو لا يعتمد فعلاً على خط الاستواء إلا فى يومى ٢١ مارس ثم ٢٢ سبتمبر من كل عام ، وفيهما يتساوى الليل والنهار . ومن بعد ٢١ مارس تبدأ الشمس هجرتها الظاهرية صوب الشمال فيزداد طول النهار على الليل فى نصف الكرة الشمالى تدريجياً حتى تدرك الشمس مدار السرطان (خط عرض ٢٣.٥ درجة شمالاً) ، وهو أقصى مدى لهجرتها الظاهرية تجاه الشمال ؛ ويتم ذلك فى ٢١ يونيو وعندها يعتمد الإشعاع

الشمسى على مدار السرطان ، ومن ثم تنتقل الشمس ظاهريا صوب الجنوب حتى تصل إلى خط الاستواء وتعاود عليه في ٢٢ سبتمبر ، وتستمر في انحدارها جنوبا حتى تبلغ مدار الجدى ( خط عرض  $23\frac{1}{2}$  درجة جنوبا ) في ٢٢ ديسمبر ، ومن ثم ترجع قافلة مرة أخرى وهكذا . . . . . وبما لذلك يتغير طول النهار من فصل لآخر . وينعدم الإشعاع الشمسى عند القطب الشمالى خلال الفترة الممتدة من ٢٢ سبتمبر إلى ٢١ مارس ، ولا تظهر أشعة الشمس إلا خلال الفترة القصيرة الواقعة بين ٢١ مارس و ٢٢ سبتمبر ، ولكن على الرغم من وجود هذا الإشعاع فإن حرارة الجو عند القطب تستمر دون نقطة الجليد طوال الصيف نظرا لميل الأشعة بدرجة كبيرة وضياع ما قد يكتسب منها في إذابة بعض ثلوج الشتاء ، وعادة يطلق على مثل هذه المنطقة وما يجاورها اسم الدائرة للنجمة .

ومن ناحية أخرى نجد أن الأرض لا تتبع في فلكها حول الشمس دائرة كاملة بل تسبح في مجرى على شكل دائرة مستطيلة ( هى قطع ناقص أو اهليلج كما يسمى أحيانا ) ، وعلى ذلك فإن المسافة بين الأرض والشمس تتغير على مدار العام ، فتكون في يناير نحو ١٤٧ مليوناً من الكيلومترات ، وتصبح في يوليو

١٥٢ مليوناً من الكيلومترات ، أى تفرق نحو خمسة ملايين كيلو مترات ، وكما قدمنا تختلف كثافة الإشعاع الشمسية فى أى مكان تبعاً لقرب أو بعد هذا المكان من الشمس ، ويكون التناسب عكسياً مع مربع المسافة ، إلا أن التأثير الأكبر يرجع إلى ميل الأشعة على السطح .

٣ — ومن العوامل الفلكية التى تؤدى إلى تغيرات طارئة فى قيمة الثابت الشمسى ظهور البقع الشمسية على سطحها ، وهى أعمام حيارية تحدث فى سطح الشمس وجوها ، وقد يبلغ قطر الأعصار الواحد منها ٥٠ ألف كيلومتراً ، ويتبع ظهورها تدفق أمواج من الأشعة الكونية والجسيمات الأولية المشحونة بالكهربائية مع طاقات عظيمة من الحركة تسبب انتشار المواسف المغناطيسية فى الفضاء وجو الأرض . ومن الملاحظ أن البقع الشمسية هذه يتكرر حدوثها بوفرة فى فترات تكاد تكون منتظمة ، قوامها نحو ١١ سنة فى المتوسط . وقد أجريت عدة بحوث علمية لإيجاد العلاقة بين ظهور هذه البقع وما يعقبها من تغيرات ملحوظة فى النشاط الجوى على الأرض ، وكل ما يمكن الجزم به حتى الآن فى ظل أرصاد الصواريخ والأقمار الصناعية أن حدوث هذه البقع يتبعه حتماً نشاط ملحوظ فى الطبقات

العليا المتأينة وما يليها من طبقات في الفراغ الكوني القريب  
 ( أحزمة فان آلين ) وظهور الفجر القطبي وأضواء الشمال التي  
 هي إشعاعات كهربية في أطراف أحزمة فان آلين الالكترونية.  
 وعندما درس موضوع تناقص الإشعاع الشمسي في جو  
 الأرض بسائل الامتصاص وجد أن الأوكسيجين الذري  
 في الطبقات العليا يمتص جانبا من الطاقة فوق البنفسجية في حزمة  
 امتصاص تمتد من نحو ١٧٠ ميكرون إلى نحو ٢٠٠ ميكرون  
 وتعرف حزمة الامتصاص هذه باسم ( حزمة امتصاص شومان )  
 يتحول بعض الطاقة فوق البنفسجية عند امتصاصها إلى طاقة  
 كيميائية تحلل الأوكسيجين إلى جسيماته الكهربائية اللازمة  
 لإتمام عمليات التأين تحت تلك الضغوط المنخفضة جدا ، كما  
 يتحول البعض الآخر إلى طاقة حرارية هي من ألزم ما يكون  
 لرفع درجة حرارة تلك الطبقات وحفظ التوازن الحراري فيها .  
 أما الأوزون فهو كما قدمنا يمتص بخرارة جانبا من الأشعة  
 فوق البنفسجية داخل حزمة امتصاص ( أو مجموعة أمواج )  
 تعرف علميا باسم ( حزمة امتصاص هارتلى ) ، وتحتها للوجتان  
 ٢٠٠ ميكرون ونحو ٣٢٠ ميكرون . ويشد امتصاص غاز  
 الأوزون في الجو عند الموجة التي طولها ٢٥٠ ميكرون .

ولامتصاص الأوزون في حزمة هارتلى هذه علاقة وثيقة باختفاء طيف الإشعاع الشمسى قرب الموجة ٢٩.٠ ميكرون . ولما كان الأوزون يتواجد بكثرة على ارتفاعات تمتد من نحو ٢٠ إلى ٦٠ كيلو مترا فإن هذا الامتصاص يسبب تسخين تلك الطبقات المرتفعة من الجو ويعوضها النقص في حرارتها بسبب الإشعاع المستمر إلى الفضاء .

وفي المتوسط يمتص غاز الأوكسجين وغاز الأوزون نحواً من ٢,١٪ من طاقة الإشعاع الشمسى ، وهى تكفى للإنجاز عمليات التآمين في الطبقات العليا وعمليات تكوين الأوزون من تحتها ، كما تكفى في نفس الوقت لحفظ التوازن الحرارى في جو الأرض العلوى فلا يبرد على مر السنين بفقد حرارته إلى خضم الفضاء الكونى .

أما في طبقات الهواء السطحية حيث يقل ورود الطاقة فوق البنفسجية نسبياً بسبب امتصاص أغلبها في طبقات الجو العليا فلا يلعب غاز الأوكسجين ولا غاز الأوزون أى دور في عمليات الامتصاص ، وإنما الذى يقوم بهذا الدور هو بخار الماء الذى يكثر تواجده في طبقات الهواء السفلى القريبة أو الملامسة لمصادر المياه على الأرض . ولبخار الماء سلسلة من حزم

الامتصاص في كل من الطيف المرئي «الضوء» والطيف الحرارى وتوقف مقادير الطاقة للمتصة عن كمية بخار الماء العالق في الهواء وهى تتغير بتغير الزمان والمكان ، ويشند الامتصاص كلما كثرت كميات بخار الماء والعكس بالعكس . وقد قدر أنه في المتوسط يمتص بخار الماء العالق في الجو السفلى من نحو ٦ ٪ إلى ٨ ٪ من الاشعاع الشمسى المباشر . وعلى ذلك إذا حسبنا مقدار الامتصاص الذى تحدته غازات الجو مجتمعة ، أو الغلاف الهوائى بأسره ، نجد أنه لا يتعدى في مجموعه نحو ٨ إلى ١٠ ٪ من الإشعاع الشمسى المباشر .

وعندما ندخل أيضاً حساب الامتصاص الذى تحدته المواد الغريبة أو الشوائب التى تعلق في الغلاف الهوائى وتنتشر فيه من آن لآخر ، مثل الأتربة التى تذروها الرياح والغبار الذى تقذفه البراكين أو تثيره العواصف ، معتمدين على القياسات الدقيقة لهذه العناصر في هذا العصر ، نجد أنها بعد أخذ متوسطاتها على الأرض لا تمتص أكثر من ٢ ٪ من طاقة الشمس مباشرة . ومعنى ذلك أن مجموع ما يفقد بكافة مكونات الجو في جميع طبقاته لا يتعدى في المتوسط نحو ١٠ ٪ إلى ١٢ ٪ من الإشعاع المباشر ؛ أى أنه بصرف النظر عما تعكسه

السحب التي تسبح في جو الأرض ( أو ما ترده هذه السحب إلى الفضاء ) فإن الاشعاع الشمسي يكاد يخرق جو الأرض دون أن يفقد بمائل الامتصاص أكثر من ١٢ ٪ من قيمته الأصلية ، ولا يتعدى أثر هذا الامتصاص حدود حفظ التوازن الحرارى في طبقات الجو العليا .

وتعكس السحب التي تنعقد في جو الأرض ، وترد إلى الفضاء الكونى الفسيح ، جزءا كبيرا إشعاعات الشمس ، وقد وجد باخذ متوسطات كميات السحب في كافة أرجاء الأرض على اختلاف أنواعها طوال العام أن السحاب يغطي في المتوسط نحو ٥٤ ٪ من مماء الأرض ، وهو بذلك يرد بواسطة الانعكاس نحو ثلث الاشعاع الشمسي أو أقل بقليل على وجه التقريب .

بقى بعد كل هذا التفصيل والتدقيق والتحليل لظاهرة الامتصاص أن نعرف ما يحدث لطاقة الشمس التي تتناثر أو تشتت في جو الأرض بواسطة جزيئات الهواء وبخار الماء ثم ذرات الأتربة والرمال العالقة ؛ فن المعروف أن ظاهرة التشتت هذه لا تكتمل إلا للأمواج الأثيرية التي أطوالها أصغر من أقطار جزيئات الوسط العامل على التناثر ، وإلا حدثت عدة



انعكاسات فقط للموجة بدلا من تناثرها ، كما أن المعروف علمياً  
أيضاً أن كمية الطاقة التي تتناثر إنما تتناسب عكسياً مع الاس  
الرابع لطول اللوجة المتناثرة ، بمعنى أنه كلما صغر طول الموجة  
كلما زادت كمياتها المتناثرة .

وعندما تسقط أشعة الشمس وتنفذ خلال جو الأرض  
يتناثر جانب منها في كل اتجاه فيبدو الغلاف الهوائي مضيئاً ،  
وهذا هو سبب إنارة الشمس للجو ، وإنارة أية غرفة تعرض  
للجو أثناء النهار ولو لم تدخلها اشعة الشمس المباشرة .

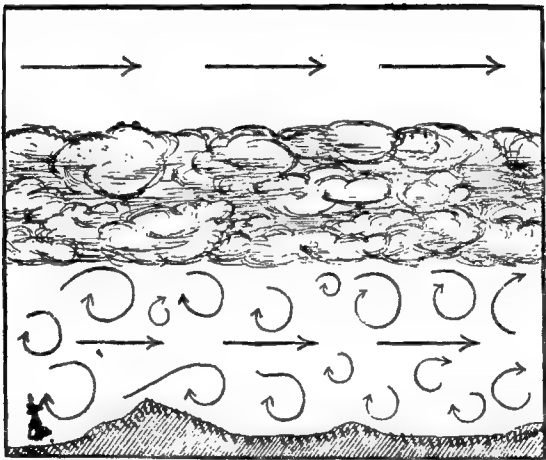
ولما كانت الأمواج الزرقاء ، أى اللون الأزرق وطول  
موجته نحو 0.4 و 0.5 ميكرون ، هى أغزر الطاقات التى ترسلها  
الشمس ، كما أنها من أصغرها طولاً ، فإنها بمجرد دخولها جو  
الأرض تغمره بالزرقة المشتتة في كل اتجاه ، فيبدو كقبة زرقاء  
لا تعدو في حقيقتها كون أنها مجرد ظاهرة ضوئية .

والآن بقی أن نعرف ما يحدث لطاقة الشمس التى تصل  
إلى سطح الأرض بعد أن تتناقص قيمتها الأصلية في الجو بجميع  
العوامل التى ذكرناها . ومن الطبيعى أن نجد سطح الأرض  
يدوره يرد بعض الاشعاع ويمتص البعض الآخر . كما يستخدم  
بعض الطاقة الممتصة في عمليات البخر من الأسطح المائية ؛

ومن الطبيعي أيضاً أن تختلف قوة سطح الأرض في رد ما يقد إليه من إشعاع بواسطة الانعكاس تبعاً لطبيعة السطح نفسه ، إلا أن متوسط ما يردده سطح الأرض بأكمله من الإشعاع الوارد إليه هو جزء صغير على أية حال .

وعندما ترتفع درجة حرارة سطح لأرض (اليابس أو الماء) بامتصاص الإشعاع الشمسي تبدأ قصة جديدة في تسخين الغلاف الهوائي ومدته بالطاقة الحرارية اللازمة لنشاطه ، وتتضمن هذه القصة الطرق غير المباشرة للاستفادة من الإشعاع الشمسي وحفظ التوازن الحراري على سطح الأرض وفي جوها ؛ وأهم هذه الطرق تيارات الحمل ثم الدورة العامة للرياح ، فعلليات التكاثف وحركة الهواء غير الإنسيابية أى التى لا ينساب فيها الهواء في صورة تيار مستمر أو متصل بل تصعد أجزاء من الجو وتهبط أخرى في نفس الوقت في صورة حركة مزجية تنتقل بها الحرارة المكتسبة من سطح الأرض ( أو أبخرة المياه ) إلى أعلى خلال ارتفاعات قد تصل لعدة كيلومترات ، هذا كما قد ينبج عن هذه الحركة تكوين طبقة من السحاب هى سحب الحركة غير الإنسيابية كما في شكل ( ٨ ) .

وتمخض الحركة غير الإنسيابية في الجو إذاً عن نزح



شكل (٨) تكون طبقة مني السحب بفعل الحركة غير الانسيابية

حرارة سطح الأرض والحرارة التي تكتسبها طبقات الهواء الملاصق له بالتوصيل الحراري ، وتقل أبخرة المياه المنتشرة في الطبقات السطحية إلى أعلى . ومما يساعد على نشاط هذه الطبقة ازدياد سرعة الرياح ، واختلاف طبيعة سطح الأرض ، ووجود الدوامات والمرتفعات أو الضباب التي تعترض مهب الرياح ، ومنها أمواج البحر . أما إذا صعد الهواء محملاً بالمزيد من الحرارة والرطوبة في صورة تيار مستمر فإنه يطلق عليه اسم « تيار الحمل » ، لأنه إنما يحمل عنصرى الحرارة والرطوبة إلى الطبقات العالية نسبياً :

وعندما يندفع الهواء الرطب إلى أعلى تنخفض درجة حرارته بمعدل التبريد الذاتي وتقل قدرته على حمل أبخرة المياه ، فتتكاثف الأبخرة التي فيه وتتحول إلى نقط من الماء أو بلورات من الثلج أو منها معاً ، وهذه هي مكونات السحب والأمطار بينما تنطلق الحرارة الكامنة للبخار في تلك المناطق العالية التي تتكون فيها السحب فتكسبها كثيراً من طاقات الحرارة : ويمكن أن تنتقل الطاقة المنطلقة في صورة حرارة على تلك الارتفاعات إلى كثير من بقاع الأرض بواسطة الدورة العامة للرياح الممثلة في شكل (٧) . وقد قدر فست « العالم الجرمانى »

أن متوسط ما يكتسبه الغلاف الهوائى بعمليات التكاثف هذه يعادل نحو ٠.٨٦ و. س. لى لكل سنتيمتر مربع فى الدقيقة ، وهذه القيمة تعادل نحو ٦.٢ × ٢١٠ س. حرارى فى اليوم الكامل لجو الأرض بأسره ، أو نحو ٢ × ٢٣١٠ س. حرارى فى المتوسط خلال العام ، وهى كمية من الطاقة تكفى لدفع الرياح فى دورتها العامة للمروفة . ولما كان البخر إنما يبلغ أشده فى المناطق الحارة فإنه من الطبيعى أن يكتسب الجزء الأكبر من هذه الطاقة من محيطات المناطق الحارة .

وقد وجد بالقياس والحساب\* أن متوسط ما يكتسبه الجو من الحرارة نتيجة عمليات البخر من سطح شرق البحر المتوسط فى منطقة المياه المصرية يعادل فى العام الكامل نحو ٣٨٨٠٠ س. لى لكل سنتيمتر مربع ، إلى نحو ٠.٧٥ ر. س. حرارى لى لكل سنتيمتر مربع فى الدقيقة الواحدة ، وهى قيمة تقل قليلا عن المتوسط العام لسطح الأرض الذى حسبته فست ، وذلك لأن كميات البخر إنما تحدث فوق المحيطات بطبيعة الحال . وهكذا يتضح لنا بكل جلاء أن سطح الأرض ( اليابس

---

(\*) رسالة الدكتوراه لـدكتور عبد الحميد النجار ( تحت إشراف المؤلف ) .

والماء) هو الذى يستفيد فعلا من أغلب طاقات الإشعاع الشمسى ، وأنه يصبح بعد ذلك المصدر الطبيعى المباشر للطاقات فى جو الأرض أو غلافها الهوائى ، مما يفسر لنا علة انخفاض درجة الحرارة كلما بعدنا عن سطح الأرض مرتفعين فى طبقات الهواء السطحية .

ومرة أخرى يفقد سطح الأرض كثيراً من حرارته عن طريق الإشعاع الحرارى ، شأنه فى ذلك شأن أى جسم مادى ساخن فى وسط أقل منه حرارة أو فى الفراغ ، إلا أن بخار الماء العالق فى جو الأرض السفلى بوفرة له - كما قدمنا - من الخصائص والصفات الطبيعية ما يمكنه من امتصاص أغلب الأمواج الحرارية التى ترسلها الأرض إلى الفضاء ، بحيث نجد أن مجموع الطاقات الواردة من الشمس والمستغلة فعلا فى الأرض مساويا تماما لمجموع الطاقات التى يستنفذها جو الأرض أو يفقدها هو وسطحها بالإشعاع إلى الفضاء الكونى ، وبذلك تظل الأرض فى حالة من التوازن الحرارى الذى هو شرط من شروط الكواكب التى تجب الحياة وتصورها ، والفضل فى ذلك كله يرجع إلى غلافها الهوائى الذى تعيش تحت رعايته وفى كنفه !

وليس من شك أن أهم مستلزمات الحياة وضرورياتها

فى أى مكان ، على الأرض أو على أى كوكب ، هو توفر  
 درجات من الحرارة الملائمة التى تستقيم معها الحياة ، ثم يموت  
 معدلات هذه الدرجات على مر السنين قدر المستطاع ، أى عدم  
 تغيرها من عصر إلى عصر بدرجات تؤدى إلى افناء ما يوجد  
 من أحياء\* . ولا سبيل إلى تثبيت الحرارة أو معدلاتها على أى  
 كوكب إلا إذا وقع تحت تأثير عاملين : أولهما مصدر دائم  
 للحرارة ، والثانى مصدر دائم للتبريد ، على أن يتم التوازن بينهما .  
 أما مصدر الحرارة الدائم على أى كوكب فهو شمس التى  
 يتبعها ؛ والشمس فى التعريف العلمى نجم متزن تكاد تثبت فيه  
 قيم ما يطلق من طاقات خلال آلاف ملايين السنين . وشمسنا  
 من هذا النوع ، ويقدر عمرها الآن بنحو خمسة آلاف مليون  
 سنة ؛ أما عمرها المديد فيقدر بنحو ٥٠ ألف مليون سنة .  
 وما مصدر البرودة على أى كوكب إلا تلك الخاصية الطبيعية  
 التى تملكها الأجسام المادية ، وتتضمن فقدتها للحرارة عن  
 طريق ما نسميه الإشعاع الحرارى كما قلنا . فكل جسم مادى  
 مثل جو الأرض أو غلافها الموائى ومثل سطحها يمكن أن  
 (\*) كما حدث مخففا فى بعض صور الأرض القديمة  
 كالصخر الجليدى .

يبرد من تلقاء نفسه لمجرد تعرضه للفراغ الكونى ، وهو إذا ترك وشأنه دون مؤثر خارجى يمكن أن تنتهى به البرودة إلى الصفر المطلق ، أو تلك الدرجة الدنيا التى تنعدم عندها حركة جزيئات الهواء . والذى يقوم بدور التوازن الحرارى كله هو الغلاف الهوائى . وما معنى تعدد الشمس وما قد يتبعها من كواكب سيارة إلا ازدياد احتمال توفر البيئات الملائمة للحياة على كثير من تلك الكواكب فى سائر أرجاء الكون المتراعى الأطراف .

---



## طبقات الغلاف الهوائى

**عندما** يرتفع الإنسان مبتعداً عن سطح الأرض ليصعد في السماء يقع تحت تأثير تغيرات جوهرية في عناصر الجو التى ألفها على سطح الأرض ، وبخاصة من حيث الضغط ودرجة الحرارة . وقد سبق أن وضعنا تناقص الضغط سرياً حتى يقارب الصفر على ارتفاع عدة مئات من الكيلو مترات من سطح الأرض . أما درجة الحرارة ، وكذلك بعض مكونات الهواء في طبقاته العليا ، فهى تخضع لسلسلة من التغيرات الواضحة التى تحملنا على تقسيم الغلاف الجوى إلى عدة طبقات مميزة .

وفى الحقيقة لم تكن طبيعة الأجواء العليا معروفة لنا تماماً حتى عهد قريب ، وعندما بدأ الإنسان التطلع إليها ودراستها لم تتوفر لديه الطرق المباشرة ( كدراستها بالصواريخ مثلاً ) فراح يستخدم فى سبيل ذلك طرقاً غير مباشرة ، كمرصد الظواهر التى تحدث فيها ، أو تحليل طيف بعض الأضواء المنبعثة منها ، أو استنباط تركيبها نظرياً . . . وفى عام ١٩٣٤ وصل ثلاثة من الضباط الروس إلى علو نحو ٣٢ كيلو متراً داخل

مركبة محكمة الإقفال رفمها منطاد كبير استخدم فيه غاز الهيليوم .  
ورغم أن هذا الرقم يعتبر من الأرقام القياسية للارتفاع بالمناطيد ،  
إلا أن تلك المركبة للأسف الشديد انفصلت عن المنطاد ،  
وبذلك لقي أولئك الأبطال حتفهم بعد أن حلّقوا على  
ارتفاعات انخفضت فيها درجة حرارة الجو تحت الصفر بمقدار نحو  
٧٠ درجة مئوية .

ومن أهم الطرق التي استخدمت في دراسة طبقات الغلاف  
الموائى العلوى تحليل طيف الفجر القطبى . والمعتقد أنه عندما  
تطلق الشمس من سطحها كتلا عظيمة من الكهارب  
( أو الالكترونات ) ، تمر هذه الكهارب الفضاء الكونى  
بسرعة فائقة ( تقدر بعدة مئات الكيلومترات في الثانية ) إلى  
أن تصل إلى جو الأرض الخارجى فلا تستطيع اختراقه بسهولة  
بسبب تاثير مجال الأرض المغناطيسى الذى يضرب حولها نطاقا  
في الفضاء القريب المحيط بها . وعلى أية حال تمر نطاق هذا  
المجال الكهارب ذات الطاقات العالية ، وتسرى مع خطوط  
قوى المجال . وبذلك تنكس عند القطبين كما في ( شكل ٩ ) ،  
إلا أنها لا تصل إلى الطبقات السطحية من الغلاف الموائى ،

(نكل ٩)  
ونكس السكباريه  
الطيه الطافه الى امان  
جو الارض عند  
الطين



إذ تتصادم مع غازات الطبقات العليا المخلخلة والمتأينة\* بفعل الأشعة فوق البنفسجية التي ترسلها الشمس . وعندما ترتطم الكهارب المقبلة من الشمس بأيونات الجو العلوى ( أو طبقة الأيونوسفير كما يسمونها ) تعمل على طرد بعض كهارب تلك الأيونات وزحزحة ما يتبقى من طبقة ذرية إلى أخرى ، وبذلك تنطلق طاقة أييرية في صورة الوهج القطبي أو الفجر القطبي\*\* . وتعطى أيونات المواد المختلفة ألوانا متباينة . فمثلا ينجم عن بعض أيونات الأوكسيجين اللون الأخضر ، كما تعطى بعض أيونات الأزوت اللون الأحمر .

ولقد أثبت تحليل طيف الأورورا وجود الأزوت والأوكسيجين على ارتفاعات تصل إلى أكثر من ألف كيلومتر ، رغم أنهما أكثر غازات الغلاف الجوى كثافة ، بينما الغازات الخفيفة مثل الهيليوم والإيدروجين لا تعطى طيفا هناك !

---

\* أى للتحلة إلى مكوناتها الكهربائية المعروفة علميا باسم الايونات .  
 \*\* المعروف أنه عندما ينتقل كهرب يسبح حول نواة الذرة من طبقة إلى أخرى تطلق الذرة ( أو الايون في هذه الحالة ) بعض الطاقة . وقد تكون الطاقة المنطلقة على هيئة اشعة غير مرئية أو اشعة ضوئية حسب الظروف .

ومن الأجهزة التي شاع استعمالها في دراسة بعض خصائص الطبقات العليا المحلحة نوع يعرف باسم « مسجل طبقات النّأين » أو « أيونو سفرك ريكوردر » ، وتتلخص طريقة عمله في إرسال موجات أميرية ( في نطاق أمواج الراديو ) إلى مثل تلك الارتفاعات ثم استقبالها بعد انعكاسها أو ارتدادها من الطبقات التي تتجمع فيها الكهارب . وتحليل الأمواج للتردة يمكن الخروج بفكرة سليمة عن كثافة الإلكترونات في تلك الطبقات المحللة إلى جسيماها الكهربائية بفعل الإشعاع الشمسي .

فن المعروف أن أمواج اللاسلكي انما ترتد بعد ارسالها من طبقات تجمعات الكهارب في ( الايونوسفير ) . وتتواجد طبقة من هذا النوع سمكها نحو خمسة كيلو مترات على ارتفاع نحو ١١٠ او ١٢٠ كيلومترا من سطح الأرض . هذا كما تتواجد طبقة أخرى عظيمة الكثافة نسبيا ( أو طبقتان ) على علو نحو ٢٥٠ كيلو مترا تعرف باسم طبقة ( ف ) . أما الطبقة الأولى فيطلق عليها عادة اسم طبقة E او ( ي ) ، وبطبيعة الحال يسيطر الإشعاع الشمسي على درجة التركيز الكهربى فيها ، فنجدها تصل نهايتها المظلمى عندما ينتصف النهار ، كما تصل نهايتها الدنيا في الليل ( عندما تغيب الشمس ) .

وهناك أجهزة خاصة لدراسة كميات الأوزون المتراكمة في الطبقة الممتدة من ارتفاع نحو ١٥ أو ٢٠ كيلو مترا إلى ارتفاع نحو ٥٠ كيلو مترا ؛ وتتلخص فكرة عمل مثل هذه الأجهزة في قياس تناقص طاقة الأشعة البنفسجية ، وخاصة موجاتها القصيرة بسبب امتصاص غاز الأوزون لها في تلك الطبقات .

وعندما أدخل الرصد المباشر بالصواريخ استخدمت عدادات الفوتون ، وتمتاز هذه العدادات بأنها تبلغ أكبر حساسية لها في طرف الأمواج القصيرة حيث يبلغ طول اللوجة ٢٠٥ و ميكرون ودلت الأرصاد الأولى التي جمعت باستخدام الصاروخ في ٢(\*) لدراسة طيف الاشعاع الشمسي تحت اللوجة ٣ و . ميكرون على أن جو الشمس الخارجى تزيد درجة حرارته على ٦٠٠٠ درجة مطلقة ، وعلى أن ( الثابت الشمسى ) تبلغ قيمته ١٩٧٠ و١٠ سر حرارى لكل سنتيمتر مربع في الدقيقة .

أما درجات الحرارة في أعالي الجو فهي لا تقاس بترمومتر زئبقى عادى ، وإنما بترمومتر خاص يعرف باسم ( ترمومتر

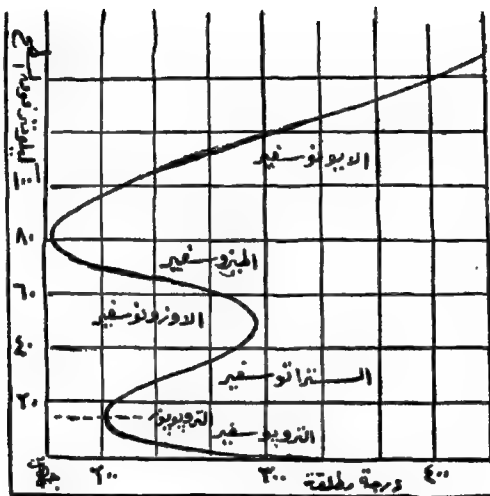
---

• هو النوع الألماني الذى ضرب به النازى جنوب انجلترا في اواخر الحرب العالمية الثانية .

المقاومة الكهربائية) وهو الذى تتغير مقاومته الكهربائية تبعاً لتغير درجات الحرارة ، وعلى ذلك تسجل درجة الحرارة أو ترسل كإشارة كهربائية ، وما درجات الحرارة فى تلك الطبقات المخلفة إلا درجات كينامائية ، أى تتصل بسرعة تحرك الجسيمات ، وخير وسائل رصدها الصواريخ أو الأقمار الصناعية التى عم استخدامها فى مستهل عصر الفضاء .

ولقد دل البحث والتقيب على أن الثمانين كيلو متراً الأولى من الغلاف الهوائى يمكن أن تنقسم إلى طبقات مختلفة تمتاز كل طبقة منها بصفات معينة على النحو الآتى :

أولاً : الطبقة السطحية ، وهى المعروفة باسم (الترىوسفير) ، ويختلف ارتفاعها من نحو ثمانية كيلو مترات عند القطبين إلى نحو ١٨ كيلو متراً عند خط الاستواء . هذه الطبقة هى موطن التقلبات الجوية من أعاصير وأمطار ، ومن أهم صفاتها أنها تكتسب الطاقة اللازمة لنشاط الجوفها عن سطح الأرض (البابى ولواء) ، وخلالها تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاع أى بالبعد من مصدر الحرارة بمسلاً فى سطح الأرض بمعدل متوسطه ٦ر٥ درجات مئوية لكل ١٠٠٠ متر - راجع شكل (١٠) - ويحد هذه الطبقة من أعلى سطح وهى هو (الترىوبوز) تبلغ عنده درجة الحرارة أقل قيمة لها فى جو الأرض ، وهى



( شكل ١٠ ) توزيع درجات الحرارة مع الارتفاع  
في طبقات الغلاف الهوائي

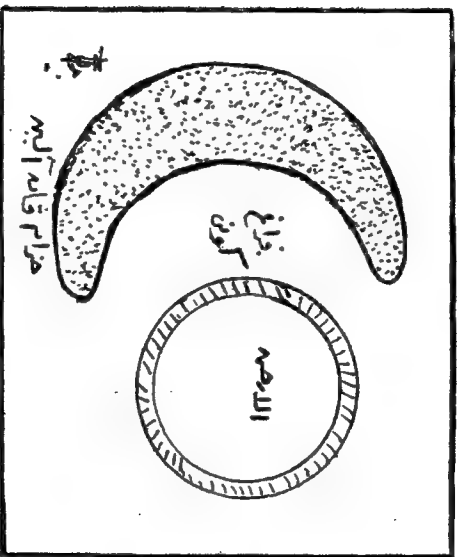


نحو ٧٠ درجة تحت الصفر وتكون حدود هذه الدرجة حلقة مقفلة حول خط الاستواء .

ثانياً : (الستراتوسفير) أو الطخروية ، ويمكن أن تنقسم إلى قسمين هما الستراتوسفير الدنيا وترداد خلال معظمها درجة الحرارة مع الارتفاع بمعدل متوسطه ٥ درجات مئوية لكل كيلو متر ، وذلك بسبب تكون الأوزون على تلك الارتفاعات التي يطلق عليها أيضاً اسم (الأوزونوسفير) . وكما قلنا سابقاً ، من صفات الأوزون القدرة على امتصاص بعض الأشعة فوق البنفسجية التي ترسلها الشمس حيث تتحول إلى حرارة ترفع من درجة حرارة تلك الطبقات حتى تصل أقصى قيمة لها عند ارتفاع نحو ٥٠ كيلو متراً — راجع شكل (١٠) — . ثم تنخفض درجة الحرارة بعد ذلك خلال طبقة الستراتوسفير العليا التي تتناقص خلالها كميات الأوزون سريعاً ، ثم خلال طبقة الميزوسفير التي تتواجد فيها الـيسونات حتى ارتفاع نحو ٨٠ كيلو متراً . ومن بعد ذلك تبدأ درجة الحرارة في الارتفاع من جديد خلال الطبقة للتأينة المعروفة باسم (الايونوسفير) ، حيث يقوم الأوكسيجين بأغلب عمليات الامتصاص وعمل التوازن الحراري . وتمتد الإيونوسفير خلال الارتفاعات الشاهقة التي


يظهر فيها الفجر القطبي ، ولكنها قد تمتد بعد ذلك نظريا إلى ما يعرف باسم الاكسوسفير . وجديد بالذكر أنه فوق نحو ١٢٠ كيلو مترا لا ينتشر الصوت المادى فى الجو ، نظراً لأن المسافات التى بين مكونات الهواء تصبح مساوية تقريبا لأطوال موجات الصوت ، أو حتى أكبر منها !

وفى خلال السنة العالمية الأخيرة لطبيعات الأرض ، أو الفترة الممتدة ما بين عام ١٩٥٨ و ١٩٥٩ ، وباستخدام ارساد الأقمار الصناعية التى وصلت إلى ارتفاعات زادت على ٧٠ ألف ميل من سطح الأرض ، توصل فان آلين إلى اكتشاف هام فى الفراغ الكونى القريب فغواء وجود حزامين من الإشعاعات الكونية للركزة بينهما منطقة من الإشعاعات غير المركزة نسبياً ، وببت أن قوام الحزام الخارجى جسيمات ضعيفة من نوى ذرات الأيدروجين والالكترونات التى ترسلها الشمس ؛ وينحى الحزام إلى أسفل عند حافته ، ويتدلى طرفه ويدنو من الايونوسفير فى صورة قرن الثور الذى يدخل جو الأرض قرب القطب المغناطيسى للأرض ، على النحو الممثل فى شكل (١١)



شکل (۱۱) اجزای فایان آ آئین

## الكتل الهوائية

 الأرصاد الجوية التي أخذت في كافة أرجاء الأرض على إمكان تقسيم طبقة الترويسفير الدنيا إلى مجموعات مميزة من الأهوية المختلفة الصفات والطبيعة ، وأطلق على كل منها اسم (كتلة هوائية) ؛ والمقصود بها جزء ضخم من الجو السفلى يتميز بناصر خاصة من حيث درجة الحرارة والرطوبة والشفافية والسحب . . . ، إلا أن هذه الفكرة لا تصادف رواجاً عظيماً هذه الأيام .

والمفروض أن المهيمن على تولد هذه الكتل الهوائية وتميزها بخواص طبيعية معينة هو طول مكث كل منها في مصدر رئيسي معين . والمقصود بالمصدر المعين جزء متسع من سطح الأرض ( سواء اليابس منه أو الماء ) تتجانس أجزاؤه وتحدده صفات خاصة تكتسبها كلها أو بعضها الكتلة الهوائية السائدة عليه ، مثل سهول سيبيريا أو الصحراء الكبرى أو البحر الأبيض المتوسط أو شمال الأطلسي فإن الهواء الملامس لكل من هذه البقاع مدة كافية لا يلبث (إذا خفت تقلبات الجو) أن يكتسب

على أية حال بعض خصائصها خلال طبقاته السطحية على الأقل ،  
وعما يساعد على ذلك تواجد مناطق الضغط الجوى المرتفع  
على تلك المصادر أو البقاع .

وعندما تزاح هذه الكتلة أو تنتقل بتأثير دورات الرياح  
إلى بقاع أخرى تحمل معها خواصها ، ورغم أنه قد يصيب  
خواص بعض أجزاء منها شيء من التغير والتبديل أثناء تحركها  
وخاصة عند سطح الأرض مباشرة إلا أن الجزء الأكبر منها ،  
ولا سيما الطبقة غير الملامسة لسطح الأرض ، يظل محتفظاً بصفاته  
الأولى ، هذا بطبيعة الحال ما لم تتواجد حركة رأسية تغير من معالم  
الكتلة كلها .

هذا وقد أمكن تقسيم كتل الهواء الجوى تبعاً للفروق  
التي بينها وبين السطح الذي تهب عليه ، إلى قسمين رئيسيين هما  
(١) كتل باردة ، وهى التى تناسب فوق سطح أسخن منها نسبياً ،  
(٢) كتل ساخنة ، وهى التى تناسب فوق سطح أبرد منها نسبياً  
وبطبيعة الحال يمكن أن يقسم كل من القسمين المذكورين  
إلى فرعين ، وذلك تبعاً لطبيعة أو نوع سطح المصدر الرئيسى ،  
بمعنى أنه إما أن تكون الكتلة الهوائية « بحرية » وهى ما كان  
سطح مصدرها من الماء ، وإما أن تكون الكتلة الهوائية

« قارية » ، وهى ما كان سطح مصدرها الرئيسى يابسا . وبين  
الجدول رقم ( ٥ ) الأقسام الرئيسية لكتل الهواء وأهم صفاتها  
المميزة أو عناصرها تبعاً لوجهة النظر هذه .

ساخن		بارد		العنصر الجوى
بحرى	قارى	بحرى	قارى	
مرتفعة	مرتفعة جداً	منخفضة	منخفضة جداً	درجة الحرارة
مرتفعة جداً	منخفضة جداً	متوسطة	منخفضة	الرطوبة
جنوبية عادة	جنوبية	شمالية عادة	شمالية	( النصف الشمالى ) الرياح
رديء	رديء جداً	جيد جداً	جيد	درجة الشفافية
طبقي عادة	—	ركامى	—	السحاب
منخفض نوفا	منخفض	متوسط	عال	الضغط الجوى

جدول رقم ( ٥ ) الأقسام الرئيسية لكتل الهواء

والسبب الرئيسى فى تغيرات الجو من آن لآخر فى أى مكان  
على الأرض هو حلول كتلة الهواء السائدة عليه محل أخرى تبعاً  
لدورة الرياح المحلية ؛ فقد يكون الجو فى يوم من أيام ربيع مصر  
حاراً مقبضاً لأن كتلة من الهواء القارى الاستوائى تتجمّع فوق  
الوادى مقبلة من الصحراء الكبرى أو صحراء العرب ، ثم يقب  
ذلك يوم معتدل منعش يمتد طيه تدريجياً من شمال الوادى  
إلى جنوبه بسبب إزاحة الكتلة الاستوائية وحلول أخرى محلها

من الشمال أو الشمال الغربي لها صفة الإنعاش لانخفاض درجة حرارتها وبقاء هوائها ، كما هو الحال مع أهوية البحر المتوسط . ويكاد يستتب جو أى اقليم فى الأرض على وتيرة خاصة اعتادها أهل هذا الاقليم على مر السنين ، وذلك بسبب التوازن الحرارى القائم فى الجو ؛ ويبر عن هذا المعنى علمياً بأن « مناخ » أى اقليم ثابت على مر السنين ؛ وما للمناخ إلا متوسطات العناصر الجوية خلال مدد طويلة ، مثل متوسطات درجة الحرارة أو الرطوبة أو الرياح ، فإذا ما تغير عنصر من العناصر بدرجة ملحوظة بحيث حاد كثيراً عن متوسطه ، دخل ذلك فى عداد الظواهر الجوية غير المألوفة ، أو اعتبرناه نوعاً من شواذ الجوالق يعزوها العلم إلى تدخل عوامل طارئة ، مثل الغبار الذرى الذى ينتشر فى سائر طبقات الجو عقب تفجير القنابل الذرية ، ومثل التغيرات التى تطرأ على سريتيارات الماء العظمى ، ومثل دخول الأرض فى مجرى عميق من مجارى الشهب المنتشرة فى الفراغ . وتأثير التيارات المائية العظمى على الجو معروف ومألوف كما هو الحال مع تيارات الخليج الدافئ . ومن التيارات المائية الباردة تيار « هبوليت » الجنوبي الذى يجرى بمحاذاة الساحل الغربى لأمريكا الجنوبية ويحلب معه البرودة إلى أقصى الشمال ،

ولما كان حجم معين من الماء إذا ارتفعت درجة حرارته درجة واحدة يحتاج من الطاقة الحرارية قدرأ يعادل ٣٠٠٠ ضعف ما يحتاجه حجم مكافئ من الهواء لترتفع درجة حرارته درجة واحدة أيضا ، فمن الطبيعي أن تتوقع أن التيارات المائية إذا ما تغيرت درجة حرارتها أو جادت بجزء صغير من طاقتها فإن ذلك الجزء يكفي لرفع درجة حرارة كميات وفيرة من الماء والمعروف أن تيار المبولدت البارد يسبب برودة الجو وجفافه « أى اندام للطر تقريبا » في الجزء الغربي من شاطئ يرو وثمان شيل ، إلا أن هذا التيار توقف عن سيره في شهر مارس عام ١٩٢٥ لسبب غير معروف تماما ، وأعقب ذلك ان ارتفعت فجأة درجة حرارة ماء البحر عن معدلها بما زاد على خمس درجات مئوية ، فكثر البخر وتغيرت أحوال الجو تغيرا عجيبا لم يألّفه أهل تلك البقاع ، وتكونت السحب الركامية الشاذة ، وانهمر منها المطر الغزير ، ودهش الأهالي لسماع هدير الرعد الذي لم يألّفوه بل ولم يسبق أن سمعوه من قبل ! واكتسحت السيول التي نجمت عن لاطر الغزير مدينة كلاو من أعمال الارجنطين ، كما بلغت كمية المطر المتساقط في يوم واحد ٢٢٥ مليمترًا ، وهو رقم يفوق متوسط ما يسقط من مطر قرب ساحل مصر خلال عام بأكمله .



## التكاثف في الجودصور

التكاثف هو تحول بعض بخار الماء العالق في الهواء إلى نقط من الماء أو بلورات من الثلج ، وهو بذلك يمثل العملية العكسية للبخار . وينتج التكاثف عن تبريد الهواء الحامل لبخار الماء ، لأن التبريد يقلل من قدرة الجو على حمل أبخرة المياه حتى يصل إلى درجة يتحول فيها بخار الماء إلى صورة من صور التكاثف .

والتكاثف في حد ذاته ظاهرة مألوفة تشاهد مثلاً عندما نعرض كوباً من الماء المثلج للهواء في فصل الصيف ، فإتينا لا نلبث أن نشاهد ترسب نقط من الماء على سطح الكوب الخارجى بسبب تبريد الهواء الملاصق لهذا السطح بتوصيل البرودة من الكوب إلى الهواء ، أو بمعنى أصح بسبب نقص درجة حرارة الهواء القدى حول الكوب . ولكي تتم عمليات التكاثف في الجو تستخدم الطبيعة طريقة من طرق التبريد مثل : الإشعاع الحرارى ، ومثل التوصيل الحرارى ، ومثل مزج أو خلط أهوية باردة بأخرى رطبة دافئة ، إلا أن هذه الطرق

كلها لاينجم عنها تكاثف مستمر وإنما يكون التكاثف محدوداً في صورة شابورة أو ضباب أو ندى ، أما التكاثف المستمر فينجم عن عمليات التبريد الذاتى عندما يصعد الهواء إلى أعلى ، ولذلك تستخدم الطبيعة هذه الطريقة في تكوين السحب والطرر بأنواعه .

وهناك عامل أساسى يجب أن يتوفر في الجو ليحدث التكاثف في أى صورة من الصور ، هذا العامل هو أن تنتشر فيه جسيمات صغيرة خاصة تعرف باسم « نويات التكاثف » ، وذلك لأن جزيئات بخار الماء السابحة في الهواء لا يمكنها أن تتجمع لتكون قطراً من الماء مثلاً لجرد الصدفة ؛ فأصغر قط الماء حجماً يلزمها تجمع مايربو على ١٠٠ جزيء على الأقل من أبخرة المياه ، وليس من السهل تجميع مثل هذا العدد إلا إذا تواجد ما يجذب هذه الجزيئات واحدة تلو الأخرى ويقيها متأسكة ، وهذا هو عين عمل نويات التكاثف . وكان المعتقد إلى عهد قريب أن نويات الكاثف هذه ما هى إلا ذرات الغبار العالق في الجو ، ولكن أثبت التجارب خطأ هذا الرأى فقد حلت أجزاء من السحب ووجد أن من مكوناتها جسيمات مشيعة ، أى تمتص الماء وتنبوب فيه ، ومصدر هذه الجسيمات

أملاح البحار وما يتطاير منها مع تيارات الهواء المختلفة ،  
ومركبات الأوكسجين والأزوت الناتجة من مرور الأشعة فوق  
البنفسجية خلال الجو أو التي تكونها عواصف الرعد ،  
وكلورور الكلسيوم ، بالإضافة إلى كثير من الحوامض التي تنتج  
من عمليات الاحتراق المختلفة . وقد يكون البعد عن البحر  
وما يصحب ذلك من نقص في نويات التكاثف النشطة من أسباب  
قلة المطر في الداخل ، ولهذا السبب يحسن دائماً أن تعمل دراسات  
عملية لتوزيع نويات التكاثف في كل قطر ، خصوصاً إذا رُئي  
إجراء التجارب على عصر السحب العابرة أو ما يسمى  
« لطر الصناعي » .

ويلاحظ أن بعض هذه النويات أصله صلب ، كما أن بعضها  
سائل ، فإذا حدث التكاثف تحت درجة الصفر المئوي  
« نقطة الجليد » وكانت هنالك نويات صلبة في الجو فإن بخار  
الماء العالق فيه يتحول مباشرة إلى بلورات من الثلج قد تنمو  
حتى تصبح صفائح رقيقة أو نجومًا تتساقط إلى الأرض بطل  
الجازية أما إذا لم تتوافر النويات الصلبة فإن التكاثف يتم  
في صورة قط من الماء « فوق المبرد » . ويمكن أن تظل هذه

النقط على حالة السيولة تحت درجات منخفضة قد تصل إلى ٤٠ درجة مئوية تحت الصفر .

وظاهرة « فوق التبريد » هذه رغم أنها من ظواهر الجو الطبيعية التي تلازم عمليات التكاثف تحت درجات منخفضة دون الصفر المئوى في حالة انعدام نويات التكاثف الصلبة ، إلا أن النقط فوق المبردة هي عادة نقط غير مستقرة ، بمعنى أنها تتجمد كلها أو بعضها بمجرد تصادمها بجسم آخر صلب .

وأم صور التكاثف في الجو هي : الشابورة أو الضباب ، والندى ، والصقيع ، والسحب بكافة أنواعها ، والمطر ، والبرد ، والثلج . ويلتزم ظهور الشابورة أو الضباب ظاهرة التبريد بالإشعاع الحرارى أثناء الليل أو هبوب تيار هوائى رطب دافى فوق سطح بارد . والشابورة قطرات من الماء صغيرة الحجم يهبط معها مدى الرؤية بحيث لا يقل عن ١٠٠٠ متر ، وإلا سميت ضباباً . والضباب مواسم معلومة في كل قطر ، ففي مصر مثلاً يكثر الضباب نسبياً في الخريف ويقل في الربيع ، وفي شمال أمريكا وسيبيريا يكثر في الصيف ، أما في فرنسا فيزداد في الشتاء . وهناك أيضاً ضباب المدن ، وسببه انتشار دخان المصانع والمواقد والأفران داخل المدن

الكبيرة أو الصناعية مع ركود الهواء كما يحدث في لندن مثلاً ،  
وكما يحدث في بعض أجزاء القاهرة أحياناً مع الجو الملائم بسبب  
انتشار المصانع في أطرافها .

أما الصقيع فهو جليد يكسو الأجسام الصلبة القريبة من  
سطح الأرض ، وظروف تكونه كثيراً ما تكون هي نفس  
ظروف تكون الندى إلا أن درجة الحرارة يجب أن تكون  
دون الصفر ، حيث يتم التكاثف إلى ثلج مباشرة . وفي كثير  
من البقاع الباردة يسبب الصقيع أضراراً بالغة بالمنشآت المعرضة  
للجو مثل أسلاك التليفون التي تتمزق إرباً بازدياد وزن الصقيع  
المتسبب عليها . وفي البلاد الزراعية يتركز خطر الصقيع  
في إتلاف المحاصيل أو قتل النبات . ويقاوم الصقيع صناعات  
بطرق شتى منها التدخين ، لأن انتشار الدخان يحفظ حرارة  
الهواء السطحي بالتقليل من فقد الحرارة بالاشعاع أثناء الليل .  
ولعل أكثر مناطق مصر استعداداً لظهور الصقيع فيها هي :

١ — المناطق الصحراوية في شبه جزيرة سيناء .

٢ — منخفض القطارة في الغرب .

---

(\*) عن تقرير اللجنة الزراعية بمصلحة الأرصاد الجوية عام ١٩٥٣

٣ — منطقة النبا ، والمنخفض المحصور بين نهج حمادى  
واسنا فى الشرق والواحات الخارجة فى الغرب .

٤ — منطقة القرشية وميت غمر .

ولا يخلو الصقيع من الفائدة فى بعض الحالات ، فأشجار  
الفاكهة المتساقطة الأوراق « كالتفاح والكمثرى والخوخ  
والبرقوق » تحتاج لنجاح نموها وأثمارها إلى دور سكون  
فى الشتاء ودرجات من الحرارة المنخفضة أثناء ذلك يوفرها  
الصقيع قبل فصل النمو فى الربيع . وكذلك لا يخلو الندى  
من بعض الفوائد ، إذ تستخدمه بعض نباتات الصحارى والبيئات  
الجافة كمصدر أساسى من مصادر الماء اللازم لها . ويعطى الجدول  
رقم ( ٦ ) بيانا لبعض قيم الندى التى رصدت فى برج العرب  
قرب ساحل مصر الشمالى .

وما السحاب إلا مجموعات ضخمة من قط الماء المختلفة الحجم  
والصفات أو من بلورات الثلج أو منهما معاً ، ومن السحب  
ما هو قابل للنمو أو التراكم فى الاتجاه الرأسى مع تيارات الحمل  
الصاعدة ، ولذا تعرف باسم الركامية ، ومنها ما ينجم عن رفع  
طبقة من الهواء برمتها تدريجياً بحيث تتكون طبقة من السحاب  
الذى يعرف باسم الطبقي . وتهبط أغلب مكونات السحب متأثرة

بجذب الأرض لها بسرع تختلف ، باختلاف حجوم هذه المكونات ، إلا أن تيارات الحمل التي تسبب التكاثف بالتبريد الذاتي تعمل على حمل هذه المكونات ضد الجاذبية الأرضية .

الشهر	عدد مرات الرصد	وزن الندى المترسب جرام / سم <sup>٢</sup>
مارس	١٥	٠.٥٥
أبريل	١٧	٠.٥٦
مايو	١٩	٠.٥٧
يونيو	٢١	١.٠٠
يوليو	١٨	٢.٥٥

جدول رقم ( ٦ ) ترسب قطر الندى في برج العرب

أما المطر فهو نقط من الماء أو بلورات الثلج أو البرد كبير حجمها وازداد وزنها بعد أن تكاثرت داخل السحب فتساقطت من قواعدها . ويشد المطول خاصة حيث تنشط عمليات تصادم مكونات السحب مع بعضها « بسبب فروق سرعة الهبوط » ، ومن ثم التصاقها ، وبين الجدول رقم (٧) كيف أن النقط الصغيرة تهبط بسرعة صغيرة جداً بالنسبة للهواء الساكن ، بينما قد تصل

سرعة تساقط النقط النامية إلى حدود ٨ أمتار في الثانية ، وهي أقصى سرعة ممكنة إذ أن النقط الكبيرة تنقسم على نفسها ولا تستطيع التماسك بمجرد ازدياد أنصاف أقطارها على ٢٧.٠ سنتيمتراً .

سرعة السقوط سم/ثانية	نصف القطر بالسنتيمتر	سرعة السقوط سم/ثانية	نصف القطر بالسنتيمتر
١٨٠	٠.٢٠	٠.٣	٠.٠٠٠٥
٤٠٠	٠.١٠٠	٣.٠	٠.٠٠١٠
٥٠٠	٠.٢٢٥	٣.٢	٠.٠٠٥٠
٨٠٠	٠.٢٧٠	١٣.٦	٠.٠١٠٠

جدول رقم ( ٧ ) سرعة تساقط نقط المطر المختلفة  
الهجوم بالنسبة للهواء الساخن

وتنقسم السحب من حيث مناطق تولدها في الجو إلى  
ثلاث ثلاث هي :

١ - السحب العالية ، ومناطق تولدها في طبقات  
التروبوسفير الوسطى والعليا ، ومكوناتها بلورات الثلج ، ولذلك  
فهي لا تحجب قرص الشمس أو القمر . وأشهر أنواعها السمحاق



بنوعيه الطبقي والركامى . والسمحاق « أو السبرس كما يسميه  
الفرنجة » هو ما سحب حريرية شفاقة نوعاً يضاء اللون لا ترمى  
ظلالاً ، وتظهر فى مجموعات أغلبها على شكل خصائل أو خيوط  
مفرودة أو ملتوية . وظهور السمحاق فى السماء يعد دليلاً على  
ابتداء موجة من الجوى الدافئ فى الشتاء أو الحار المقبض  
فى الربيع .

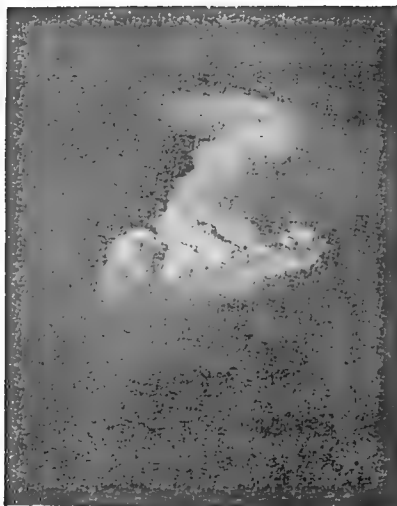
٢ — سحب متوسطة الارتفاع ويقل ارتفاع قواعدها عن  
مستوى السحب العالية غالباً ، ومكوناتها بلورات من الثلج مع قط  
من الماء ، وأشهر أنواعها الركام المتوسط والطبقي المتوسط .  
والركام المتوسط كتل كروية الشكل ترمى ظلالاً إذا كانت ممبكة ،  
وتظهر فى صفوف متوازية ، أو على شكل أمواج ، ومنها  
ما يسبق ظهوره اقتراب عواصف الرعد وعدم استقرار الجوى  
العلوى . أما الطبقي المتوسط فهى سحب رمادية أو زرقاء اللون  
تظهر على شكل طبقة متصلة تغطى أغلب السماء أو جميعها ،  
وتحجب الشمس إن كانت ممبكة ، أما إذا كانت رقيقة فإنه يمكن  
رؤية الشمس أو القمر خلالها ، ويكون القرص محاطاً بشبه  
إكليل فيه ألوان الطيف المرئى متداخلة . ويجوز أن يتساقط  
المطر أو الثلج أو كلاهما معاً من الطبقي المتوسط ، إلا أن أغلب

مثل هذا المطول يتبخر قبل وصوله إلى سطح الأرض لبعد المسافة بينها وبين قواعد هذه السحب .

٣ — سحب منخفضة ، وقد تصل قواعدها إلى سطح الأرض ، خصوصاً في المناطق الجبلية ، ومكوناتها قط من الماء ، وقد يتواجد الثلج في قممها ، وأشهر أنواعها الركام ومنه الركام المنزى « أو الكيومبولونيموس » ، والركام الطبقي والمنزى الطبقي « أو التيمبوستراتس » .

والركام عموماً « خلايا » أو وحدات سحب تمتاز بظهورها في صورة كسف أو كتل متفاوتة الحجم ، إلا أنها ذات تكوين رأسى ملحوظ . ولكي تنمو هذه السحب لتتجود بالمطر تتحد خليتان أو ثلاث أو أربع خلايا منها لتتكون الركام المنزى الذى يشمخ إلى عنان السماء كالجبال العالية ، وقد تصل قممها إلى ارتفاع سحب السمحاق — شكل (١٢) —

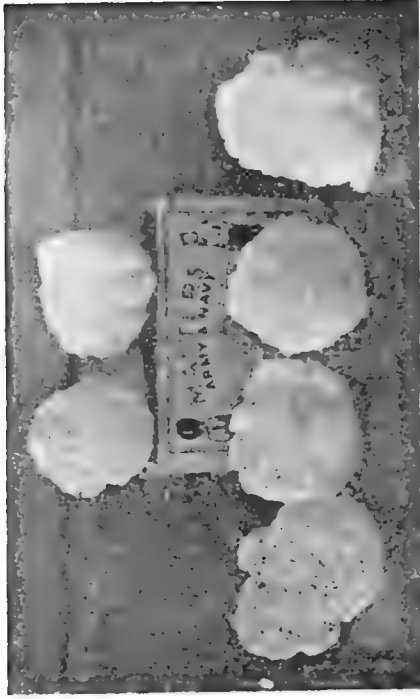
وهذه السلسلة من خطوات التكوين والتأليف بين الخلايا يصفها القرآن في بساطة في سورة النور إذ يقول : « ألم تر أن الله يزجى سحاباً ثم يؤلف بينه ثم يجعله ركاماً فترى الودق يخرج من خلاله وينزل من السماء من جبال فيها من برد . . . »



شكل (١٢) سحب وكامى نام

والبرد غير الثلج ، إذ أنه لا يتساقط كالصفائح الرقيقة ،  
ولكن على هيئة الكور الصغيرة ، ولا بد لتساقطه من وجود  
السحب النامية « بعكس الثلج » . ومن البرد ما يبلغ طول قطره  
عدة سنتيمترات — شكل (١٣) — وأغلب تساقطه في عواصف  
الرعد العنيفة .

شكل (١٣) برد بحجم اليوم



ومن أمثلة ذلك ما حدث في شمال مصر في مايو عام ١٩٤٥  
إذ تساقط برد بحجم الرمان ؛ أما حبات البرد الصغيرة فهي مألوفة  
في مصر وتساقط عادة مع أمطار الشتاء ويطلق عليها الناس اسم  
« الملح » ، إلا أنه سريعاً ما يذوب ويتحول إلى ماء سائل .

أما الثلوج فهي تساقط في الشتاء على جزء كبير من المناطق  
الباردة ، ويتفاوت سمكها من نحو ٥ سنتيمترات إلى متر  
أو أكثر ، وتسبب هبوطاً في حرارة الجو ، كما تعكس نسبة  
كبيرة من الإشعاع الشمسي . وفي البقاع التي يغطيها الثلج  
لا يمكن أن ترتفع درجة حرارة الجو فوق الصفر إلا بعد  
ذوبان الثلج كله حتى رغم سطوع الشمس .


وعندما تتراكم الثلوج على الجبال في الشتاء ، ثم تذوب  
في الربيع يسبب ذوبانها فيضان الأنهار ، ولهذا يزداد منسوب  
الأنهار التي تنبع من الجبال الثلجية في فصل الربيع .

ويبدأ ظهور الثلوج في أوروبا عادة من ديسمبر ، ويختفي  
ظهورها من مايو . ويندر سقوط الثلج في شمال إفريقيا  
في الشتاء ، ولكن لشدة البرودة في أعلى الجو تغطي قمم الجبال  
العالية بالثلوج طوال العام ، كما هو الحال في جبال القمر

« وكذلك الكليمانجارو » بهضبة البحيرات التي ينبع فيها النيل .  
ويسمى الارتفاع الذي تظهر عنده الثلوج الدائمة باسم  
« حد الثلج الدائم » ، ويبلغ ارتفاعه نحو ١٢٠٠ متر  
في الترويج ، ونحو ٢٧٠٠ متر في الألب ، ونحو ٥٥٠٠ متر  
على جبال الكليمانجارو ، ونحو ٦٥٠٠ متر على جبال مكسيكو ؛  
وهكذا يتغير ارتفاع هذا الحد الدائم بتغير الوضع على سطح  
الأرض ، وكذلك بتغير كميات الثلج للتراكم طول العام ، ونوع  
وطبيعة الرياح السائدة ودرجة التعرض للإشعاع الشمسى .

---

## عواصف الرعد

الرعد من ظواهر الجو المألوفة ، فهي تحدث في كافة  أرجاء الأرض ما عدا للناطق القطبية ؛ ويكثر حدوثها في الأماكن الاستوائية حيث يسبقها هدوء الجو ، وتمتاز الشواطيء والجزائر الجبلية الاستوائية بتكرار حدوثها كل يوم تقريباً طوال العام .

وينجم الرعد عن تفريغ شحنات كهربائية عظيمة تكون داخل السحب ، ويتم التفريغ الكهربائي بين السحب وبعضها البعض أو بين السحب والأرض ، وتسمى في هذه الحالة الأخيرة باسم الصاعقة . وبطبيعة الحال يصحب التفريغ الكهربائي انبعاث شرارات عظيمة هي البرق ، ويسبب البرق تسخيناً شديداً وفجائياً في مناطق الهواء التي ينبعث فيها ، فتتمدد تلك الطبقات فجأة وتولد سلسلة من أمواج التضغط والتخلخل في الجو المحلى هي الرعد . أما جلبة الرعد المعروفة أو هديره المألوف فإنما يعزى إلى ما يترى سلسلة الأمواج الصوتية هذه من عدة انكسارات من قواعد السحب والمرتفعات القريبة ونحوها .

ولقد وجد بالحساب ان متوسط عدد عواصف الرعد التي تحدث على الأرض في اليوم الواحد يبلغ أكثر من ٤٠ ألف عاصفة ، أى بمتوسط قدره نحو ١٨٠٠ عاصفة في الساعة الواحدة وتستهلك العاصفة في المتوسط نحو ٢,٥ مليون كيلو وات \* ساعة ومن ذلك نجد أن عواصف الرعد تستهلك من الطاقة الكهربائية في جو الأرض ما يبلغ نحو ١٠١٠ كيلو وات ساعة ، وهى طاقات تبلغ من الكبر درجة جعلت العلماء يحاولون إيجاد تفسيرات علمية لطرق تولدها ، وفيما يلي مجمل لهذه التفسيرات :

أولا : النظرية القديمة الأولى أو نظرية ولسون ، وفيها اعتبر ولسون « صاحب التجارب الكهربائية المعروفة » أن السحابة تتكون من عدد من النقط الكبيرة النامية المشحونة بالكهربائية السالبة ، وعدد من النقط الصغيرة المشحونة بالكهربائية الموجبة ، وبما أن النقط الكبيرة تهبط بمعدلات أكبر من غيرها ، فإنه سرعان ما تتركز الشحنات السالبة قرب القاعدة والشحنات الموجبة قرب القمة ، وتبقى بينهما منطقة فيها خليط من الشحنتين ، وبذلك تصبح السحابة ذات قطبين

---

(\*) الكيلو وات ساعة يعادل نحو ٦١٠ سر حرارى ، ويبلغ ثمنه نحو ٣٠ مليا .



في طرفها مختلفي الشحنة . ويتجاذب هذان القطبان ويظم التجاذب بينهما كلما ازدادت قيم الشحنات فيهما ، ويتبع ذلك نقص ظاهر في سرعة هبوط النقط الكبيرة ؛ ثم يتم التفريغ الكهربائي بين القطبين في النهاية عندما لا يقوى الهواء على عزل شحنتهما عن بعضهما البعض .

وتفترض هذه النظرية أن أساس الشحنات الكهربائية التي سلمنا بوجودها في بادئ الأمر هو وجود عدد وفير من الأيونات « أو الجسيمات المتحللة إلى عناصرها الكهربائية بفعل الأشعة فوق البنفسجية » البطيئة الحركة في الجو ، وهي تكون جانباً هاماً من نويات التكاثف إذ ترسب عليها جزيئات الماء في صورة نقط صغيرة جداً ؛ وتحرك هذه الأيونات يبطء بالنسبة إلى النقط النامية التي تهبط بفعل الجاذبية . ولكي تشحن السحابة لأول مرة بالكهربائية تكفي الأيونات الموجودة أصلاً في جو السحابة لتولد الشحنات السالبة والشحنات الموجبة معاً ، وقد تستنفذ جميعها في هذا الغرض . أما المراحل التي تلي عملية الشحن الأول للسحابة ففيها تتولد الأيونات بمعدلات كبيرة وكميات وفيرة بسبب سلسلة التفريغات الكهربائية المحلية ، إذ تستطيل النقط النامية تحت تأثير المجالات والشحنات الكهربائية

المتولدة بحيث تصبح مدية الأطراف ، ويتبع ذلك سلسلة من التفريجات الكهربائية عندما يحترق الهواء ومحتوياته بهذه الأطراف ، ويتم شحن النقاط الكبيرة بالكهربائية السالبة والنقط الصغيرة بالكهربائية الموجية مرة أخرى وهكذا . . . .  
وحدثاً ظهر أن الأشعة الكونية المقبلة من الشمس تلعب دوراً هاماً في توليد تيار يستمر من الأيونات في جو الأرض كله .

ثانياً : النظرية القديمة الثانية ، أو نظرية سمسون ، وكان سمسون هذا مديراً لمصلحة الأرصاد الجوية التابعة لوزارة الطيران البريطاني ، ويقول نظريته إن سبب شحن السحب بالكهربائية التي ينجم عنها الرعد إنما يرجع أصلاً إلى عمليات انقسام نقط الماء النامية داخل السحب ، ففي ابتداء العاصفة تصل سرعة تيارات الحمل الصاعدة إلى أكثر من ٣٠ كيلومتراً في الساعة أو نحو ٨٣٠ سنتيمتراً في الثانية ، وبذلك يتعذر نزول أغلب المطر ، وتبقى النقاط داخل السحب وتمسحق تصل إلى الحد الذي لا تقوى فيه على التماسك — راجع الجدول رقم (٦) فتتقسم إلى قطر أصغر لا تلبث بدورها أن تنمو ثم تنقسم وهكذا . . . .

وتفترض هذه النظرية أنه كلما انقسمت نقطة كبيرة

إلى مجموعة من النقاط الصغيرة انفصلت شحنة من الكهربائية الموجية واستقرت على قطرات الماء الناتجة من عملية الانقسام ، بينما تستقر شحنة مساوية لها من الكهربائية السالبة على تيارات الحمل الصاعدة ؛ وتحمل هذه التيارات الشحنات السالبة إلى القمة وإلى مؤخرة السحابة ، أما الشحنات الموجية فتتركز في أسفل المقدمة حيث تكثر النقاط النامية ؛ ويبقى في وسط السحابة خليط من شحنات موجية وأخرى سالبة . ومهما يكن من شيء فقد سقطت هذه النظرية بصفة نهائية ولم يمكن تحقيقها عمليا .

ثالثا : النظرية الحديثة ، أو نظرية الشحنات التي تلازم عمليات نمو المكونات الثلجية ، وهى تبرهن بالتجربة على أن الشحنات الكهربائية إنما تتولد فى مناطق السحب الركامية التى تنخفض درجة حرارتها تحت الصفر المئوى كنتيجة طبيعية لنمو المكونات الثلجية للسحابة . ودلت التجارب داخل المعامل على أن المكونات الثلجية عندما تنمو بعمليات التكاثف تكتسب شحنات سالبة ؛ وقد قيست هذه الشحنات بالفعل ، واستخدمت هذه القياسات فى حساب الشحنات التى تتولد داخل السحب الركامية النامية ، ووجد أنه يمكن أن تنشا شحنات مثل ألف مليون فولت خلال ١١ دقيقة فقط عندما تنشط عمليات التكاثف

فوق مستوى ١٠ درجات مئوية تحت الصفر ، كما يمكن أن تحمل هذه الشحنات المائلة مع الكونات النامية عند تساقطها إلى أسفل السحابة بينما تفصل شحنات أخرى موجية بنفس المعدل . وتفسر لنا هذه الحقيقة ظاهرة ماكان حدوث التفريغ الكهربائي « البرق » كل عدة دقائق فقط . والثابت أن الجزء الأعظم من الشحنات في طامفة الرعد يتولد عندما تقترب أقطار المكونات الثلجية من حدود ٢ ملميمتر .

وأثبتت الأرصاد أنه في السحب المشحونة بالكهربائية تستقر الشحنات السالبة بجوار قواعد السحب ، قرب مستوى «درجات مئوية تحت الصفر» بينما توجد الشحنات الموجية الرئيسية في مستويات أعلى ؛ كما توجد أحيانا شحنات موجية ثانوية أدنى القاعدة ، عند مستوى الصفر المئوي أو تحته . ويتم التفريغ الكهربائي إما بين أجزاء السحابة الواحدة ، أو بين سحبين متجاورين ، أو بين السحابة وسطح الأرض كما سبق .

وفي العادة يتم التفريغ الكهربائي بين السحب وسطح الأرض خلال الأجسام المرتفعة أو القابلة للتوصيل الكهربائي ولهذا يتعرض الشجر وخاصة البلوط والحوار للصواعق ،

كما تتعرض لها السفن في عرض البحر . وإذا أصيب شخص بمس من صاعقة وحيث للبادرة إلى إجراء التنفس الصناعي له لمدة لا تقل عن ساعة ، فكثيراً ما تفلح هذه العملية .

ويمكن أن يتجنب خطر الصواعق باستخدام « مانعة للصواعق » وهي عبارة عن شاخص من النحاس طرفه العلوى مدبب . وهو يثبت على قم المباني العالية ويتصل من أسفل بسلك معدنى غليظ ينتهى بلوح من المعدن يدفن في باطن الأرض الرطبة لكي يكون . موصلاً جيداً تسرى خلاله الكهرباء إلى الجوية بسهولة وتطلق أولاً بأول إلى باطن الأرض فلا تصيب الصواعق بأضرارها المناطق المجاورة .

ومن المعروف أن تيارات الحمل لا تشتد في المناطق القطبية لعدم توفر الطاقة اللازمة لها ، وبذلك لا تنمو فيها مكونات السحب الثلجية نمواً ملحوظاً ، ولا تصل أقطارها إلى الحجم الذى تتولد عندها الشحنات الكهربائية بوفرة وغزارة « مثل ٢ مليمتراً » ، إذ لا تقوى تيارات الحمل الضعيفة على حمل مثل هذه المكونات النامية ، فتجدها تتساقط قبل إتمام نموها ، وينتج عن ذلك كله ضعف فى شحن السحابة وعدم حدوث الرعد ، مما يفسر لنا تميز المناطق القطبية بانعدام حدوث الرعد .

## الغبار الجوى

**هو** مجموعة الجسيمات الصغيرة والشوائب الصلبة التي تضيفها الطبيعة إلى الهواء ، سواء كان أصلها معدنياً أو حيوانياً أو من النبات . وتختلف درجة تركيز الغبار في الجو « أو عدد هذه الجسيمات الموجود في سنتيمتر مكعب واحد من الهواء » ومتوسط حجم حبيباته وخواصها الطبيعية اختلافاً كبيراً بتغير الزمان والمكان وتبعاً للكتلة الهوائية السائدة . وفي الجمهورية العربية تصل درجة التركيز أدناها في الهواء البارد أو المتعش الذي ينساب إليها عبر البحر المتوسط قبل أن يثير أتربة الصحارى ورمالها ، وفيه لا تمتدى درجة التركيز عشرات الحبيبات لكل سنتيمتر مكعب من الهواء ، هذا وتصل درجة التركيز أكبر قيمة لها في الأهوية القبلية طادة ، خصوصاً عندما تثير رمال الصحارى أثناء العواصف الرملية ونحوها حيث ترتفع درجة التركيز إلى عشرات الآلاف بل ومئاتها .

وأهم المصادر الطبيعية للغبار الجوى هي :

- ١ — مساحيق الأتربة وحبيبات الرمل الدقيقة التي تثيرها الرياح من الصحارى والوديان الجافة المكشوفة .

٢ — جسيات أصلها حيوانى أو نباتى ، وهى تكثر فى الأراضي الزراعية والوديان ثم على شواطئ البحار .

٣ — ما تقذفه البراكين من جوفها من أتربة ورمال وجسيات مفتتة ، وما ينتج من احتراق الشهب والنيازك . وتتميز البراكين بأن فى مقدورها أحياناً أن تقذف بالرماد وسحبه إلى ارتفاعات شاهقة ، تزيد أحياناً على ٣٠ كيلو متراً ، بحيث تدخل السحب طبقة الستراتوسفير وتظل عالقة فيها أو سابحة خلالها فترات كبيرة من الزمن تقدر أحياناً بمئات السنين . وتحتجز هذه السحب كثيراً من إشعاع الشمس وتحول دون وصوله إلى سطح الأرض ، فتزداد البرودة فى الطبقات السطحية . ويستند للؤلؤف أن نشاط البراكين ووفرتها وما أثارته من سحب الرماد والدخان التى قذفت بها إلى أعالي الجو قبل العصر الجليدى الأخير كان هو السبب للبشر فى ظهور العصر الجليدى نفسه على الأرض بعد ثورتها تلك .

وفى هذا العصر تكون الصحارى أهم مصادر الغبار الجوى وتسبب ذرات الأتربة العالقة فى الجو كثيراً من ألوان ممائها الأخاذة عند الشروق وعند الغروب ، أى عندما يكون مسار أشعة الشمس أطول ما يمكن فى طبقة الهواء السطحية . ومن أعم

هذه الألوان الأحمر فالبرتقالى فالأصفر ، لأن الذرات العاملة على التشتت تكون كبيرة نسبياً . والمعروف أنه كلما زادت سرعة الرياح فى المناطق للتربة أو الرملية كلما قلت قدرة الجبيات على الاحتفاظ بأماتها والنبات على سطح الأرض « القشرة المعرضة للرياح مباشرة » ، حتى إذا ما بلغت سرعة الريح قدراً معيناً « يطلق عليه علمياً اسم السرعة الحرجة » تطايرت الأتربة وحبيبات الرمال وذراتها ، مندفعة إلى الهواء ومنطلقة معه ؛ وكلما زادت سرعة الرياح بعد ذلك انبثقت الجسيمات من السطح انبثاقاً وزادت كمياتها وحجومها ووصلت إلى ارتفاعات شاهقة ، حتى إذا ما بلغت الرياح قوة العاصفة يكون الجو قد امتلأ بالأتربة والرمال المختلفة الحجم والصفات إلى علو قد يربو على ثلاثة كيلومترات .

والمعروف أن قيمة السرعة الحرجة فى أى مكان تتوقف إلى حد كبير على حجم حبيبات الرمال السائدة وطبيعتها ، ولكل منطقة أو بيئة طبيعية متوسط سرعتها الحرجة الخاصة بها ، وقد تتغير هذه السرعة إذا تغيرت حجوم الحبيبات بسبب من الأسباب الطبيعية « أو التى من صنع الطبيعة » أو الصناعية « وهى التى من صنع الإنسان » ؛ فقد يحدث فى منطقة الخرطوم بالسودان



مثلاً أن تكون السيول ومجارى المياه الدافقة عقب موسم الأمطار سبباً فى تغطية سطح السهول المجاورة بترسبات من الطمي الدقيق القدرات جداً ، ويعقب ذلك انتشار عواصف الرمال « المهبوب كما تسمى هناك » فى موسم الجفاف . ولعل من أهم أسباب تفتت حبيبات سطح الأرض صناعياً وسائل النقل أو الوحدات لليكائيكية ، كما حدث فى منطقة برج العرب بين عامى ١٩٤١ و ١٩٤٥ ، كما يحدث عادة على الطرق غير المرصوفة « داخل المدن أو الطرق الزراعية » ويبين الجدول

السنة	مدى الرؤبة من ٢٠٠ إلى ٧٠٠ متر	متوسط سرعة الرياح سم/ثانية	مدى الرؤبة بين ٧٠٠ و ١٠٠٠ متر	متوسط سرعة الرياح سم/ثانية
١٩٤١	٣١	٧٢٠	صفر	—
١٩٤٢	٢٦	٨١٠	صفر	—
١٩٤٣	٠٤	١٢٦٠	صفر	—
١٩٤٤	١٦	١٢١٠	٢٠	٧٤٠
١٩٤٥	٠٢	١٥٧٠	٣	١١٢٠

جدول رقم ( ٧ ) مرات الأجواء المترية  
برج العرب من ١٩٤١ إلى ١٩٤٥

رقم (٧) كيف أثر صفر حجم الرمال الصحراوية التي سحقتها  
الوحدات الليكانيكية سحقاً في تلك المنطقة أثناء الاستعداد لمركبة  
العلمين وخلالها في تناقص متوسط السرعة اللازمة لتولد عواصف  
الرمال المختلفة ، وكيف أن مدى الرؤية هبط فعلاً بهذا العامل  
في العامين ١٩٤١ و ١٩٤٢ ثم تحسن تدريجياً بعد ذلك .

وقد نشر المؤلف نتائج سلسلة من البحوث التي أجراها  
في مصر خلال العشر سنين الأخيرة في موضوع الغبار الجوى  
الذى تثيره الطبيعية من حيث طبيعته وحجمه ودرجات تركيزه  
وتأثيره على درجة حرارة الجو ورطوبته . وأجريت القياسات  
باستخدام « عداد أوين » ثم باستخدام « لارسب الحرارى » ،  
وهو من الأجهزة الشائعة الاستعمال فى أغلب المناجم والصانع .  
وتبعاً لهذه النتائج قسمت أجواء مصر للتربة تمشياً مع التعاريف  
الدولية إلى ثلاثة أنواع هى :

١ - الشابورة الترابية ( ويمكن أن ترى فيها الأشياء  
بوضوح على أبعاد تزيد على ١٠٠٠ متر مع رياح خفيفة عادة ) ،  
بمعنى أن ذرات الغبار تكون قد أثبتت فى مكان بعيد وبقيت  
عالقة فى الجو بعد هدوء الرياح ، ولهذا فإن أغلب هذه  
الجسيمات صغير جداً . وقد ثبت بالتجربة أن متوسط قطر الجبيرة

فى مثل هذه الحالات نصف ميكرون ، أما درجة التركيز ( أى عدد الجسيمات فى كل سنتيمتر مكعب من الهواء ) فتتراوح بين ١٥٠ و ٢٠٠ جيبية . وتظل هذه الجسيمات عالقة فى الجو مدة طويلة جدا دون أن تتساقط بفعل الجاذبية إلى الأرض بسبب صغر حجمها .

٢ — الرمال المثارة ، ومدى الرؤية فيها أكبر من ١٠٠٠ متر ، إلا أن الرياح شديدة ، وفى مثل هذه الحالات يبلغ متوسط قطر الحبيبة نحو ١,٣ ميكرون ، كما تتراوح درجة التركيز بين ٢٥٠ و ٣٠٠ جيبية لكل سنتيمتر مكعب من الهواء . ونظرا لصغر حجم هذه الجسيمات فإنها يمكن أن تظل عالقة فى الهواء مدة غير قصيرة .

٣ — طائفة رملية ، ويقل فيها مدى الرؤية حتما عن ١٠٠٠ متر ، ويصل متوسط قطر الحبيبة إلى ٣ ميكرون ، كما تتراوح درجة التركيز عادة بين ٤٠٠ و ٥٠٠ جيبية لكل سنتيمتر مكعب من الهواء فى كثير من الحالات داخل المدن ، أما فى الصحارى والوديان فإن درجة التركيز تزيد على ذلك كثيرا جدا ، وقد تصل فى حالات « المهبوب » بالسودان إلى ١٠٠ جيبية !

ويتضح مما سبق أن خير وسائل مقاومة الغبار الجوى

هى بالعمل على زيادة قيمة الرياح الحرجة ، وذلك بالحد من تولد الحبيبات الصغيرة على سطح الأرض إما طبيعياً أو صناعياً ، وكذلك بالعمل على تماسك الحبيبات الصغيرة التى على السطح وتحويلها قدر المستطاع إلى حبيبات كبيرة نسبياً ، والرش بالمياه وزيادة الرطوبة عموماً من خير الوسائل المباشرة لإنجاز ذلك خلال فترات محدودة ، لأن الماء سريع التبخر كما يمتصه السطح خصوصاً فى موسم الحماسين أو أتماء الصيف وفى الأراضى ذات المسام الكبيرة .

ولعل من خير المواد التى يمكن استخدامها لتثبيت التربة والأتربة السطحية ومنعها من التطاير بسهولة هى محلول كلوريد الكلسيوم ، وهى مادة من خصائصها أنها تزيد من تماسك حبيبات التربة بازدياد الرطوبة ، إذ تكون أشبه شئ بنويات التكتاف التى تتجمع عليها أبخرة المياه وتستخرج هذه المادة بإضافة الجير المطفأ إلى كلوريد الأمونيوم حسب المعادلة الآتية :

$$\text{جير مطفأ} + \text{كلوريد الأمونيا} = \text{كلوريد الكلسيوم}$$

+ نواشر

ويمكن أن يعاد استخدام النواشر المتصاعدة فى تحضير مادة كربونات الصوديوم لأنها مطلوبة فى الأسواق وتستخدم لأغراض شتى .

هذا وإن قيام أية صناعة يستخدم فيها الوقود ( أو الأفران )  
 يتبعه حتما تسرب كثير من الشوائب إلى الجو المحلى ، إما في صورة  
 أتربة ( كما هو الحال في مصانع الأسمنت ) ، أو في صورة غازات  
 ( مثل غاز الكلور ) ، أو أبخرة . وأغلب الأتربة جسيمات صلبة  
 كثيرا ما يكون السبب في وفرتها عدم اتتمام عمليات الاحتراق  
 أو تآثر فئات المادة ، وقد يكون أصلها عضوى أو غير عضوى .  
 ويدخل تحت هذه القائمة بطبيعة الحال دخان المصانع والأفران ،  
 ذلك الدخان الذى تختلط به أبخرة السوائل المتطايرة وأكاسيد  
 بعض الفلزات . ولهذا السبب لا يصح الاكتفاء باقامة للصانع  
 والأفران خارج للندن أو على مشارفها كوسيلة كافية لتفادى  
 تلويثها للجو ، وإنما يلزم أيضا أن تكون بعيدة جدا كافيا  
 وفى الأركان التى قلما تهب منها الرياح المحلى ، وهذه مسألة جوية  
 بحثة ، وللأفران النارية اعتبارات خاصة نظراً لخطورة الغبار  
 الذرى عندما يتسرب إلى الهواء أو الماء أو الأرض بصفة  
 مستمرة أو بكيات وفيرة .

ومن أعم أنواع الغبار الصناعى العضوى الذى ينجم عن  
 دوام استنشاقه أو طول التعرض له ظهور أعراض بعض الأمراض :  
 غبار الشمير ، وغبار القطن ، وغبار الطباق . أما الغبار غير

المضوى فهو بطبيعة الحال أعظم ضررا وأكثر خطرا ، فقد ينتشر على هيئة أبخرة أو غازات سامة مثل أبخرة الفضة والمنجانيز والنعحاس والزنك والرصاص والزرنيخ والانتيمون والنيكل والكروم ، وغاز الفلور . هذا كما يسبب دوام التعرض لغبار المواد المشعة أو ما يتصل بها الإصابة بمرض السرطان :

وفي الغالب لكي تحدث جيبات الشوائب إصابة أكيدة للثة يلزم أن تكون أقطارها أقل من ١٠ ميكرون مع درجات تركيز عالية جدا ( حسب التجربة ) ؛ أما إذا تساقطت الذرات سريعا إلى الأرض بسبب كبر حجمها فانها تكون قليلة الخطر ويبين الجدول رقم ( ٨ ) سرعة تساقط جسيمات الرمل المختلف الحجم بالنسبة للهواء الساكن .

نصف القطر بالميكرون	سرعة التساقط متراً في اليوم	نصف القطر بالميكرون	سرعة التساقط متراً في اليوم
٠.١	٠.٦	٢.٥	١٧٦
٠.٥	٣.٢	٥.٠	٦٩٠
١.٠	٣٠	١٠	عدة كيلو مترات

جدول رقم ( ٨ ) - سرعة تساقط جبات الرمل بالنسبة للهواء الساكن

وهناك بحوث عديدة تجرى في المركز القومى للبحوث  
(وحدة الطبيعة الجوية) في هذا الصدد ، وقد توصل الباحثون في هذه  
الوحدة إلى نتائج عديدة هامة . ويوجه المختصون اهتماما خاصا  
بالقبار الصناعى واضرارہ الصحية ، خصوصا وقد قطعت جمهوريتنا  
شوطا كبيرا في ميدان التصنيع ، وكان لزاما لمسيرة الركب  
أن يهتم بهذه الناحية من الدراسة .

وتتصل هذه الدراسات كذلك بمسائل الصحة العامة ،  
ودراسات تطبيقية ونظرية عديدة في مجال الطبيعة الجوية والكتل  
الموائية والأوبئة الزراعية ونحوها

ويسكاد لا يخلو جو المدن الكبرى من الشوائب الجوية ،  
وفي أغلبها يمكن التمييز بين طبقات ثلاث متربة في سماتها على  
النحو الآتى :

١ — الطبقة السطحية ، وقد تمتد إلى أكثر من ١٥ مترا  
فوق سطح الأرض ، وأغلب مكوناتها الأتربة والشوائب التى  
تثار عمليا ، وتلعب وسائل المواصلات المختلفة دوراً هاماً في إثارة  
هذه الشوائب وإضافتها للهواء ، كما قد تحتوى هذه الطبقة على  
كثير من الجسيمات التى تترسب من الطبقتين للتوسطة والعليا عندما  
توجد إحداها أو توجدان معا .


٢ — الطبقة للتوسعة ، وتمتد إلى نحو ٣٠٠ متر ، وأغلبها من دخان المصانع والمطابخ والأفران . وكثيرا ماتميط مكونات هذه الطبقة إلى قرب السطح تحت ظروف جوية ملائمة بفعل الجاذبية

٣ — الطبقة العليا ، وهى تصحب الهواء للترب ، وقد تمتد إلى ثلاثة كيلو مترات أو أكثر ، إلا أن مكوناتها ترسب أيضا إلى الطبقات السطحية ؛ وتتوقف سرعة الترسب هذه على طبيعة وحجوم الذرات ثم على سرعة الرياح السائدة . وأغلب تيارات الهواء الصحراوية مضيئة متربة ، ولهذا نجد أن لدراسة درجات تركيز وحجوم الغبار الذى تحمله تيارات الهواء المختلفة أهمية عظيمة فى تحديد وسائل مقاومة الغبار الجوى .

وعلى العموم ينساب الهواء المترب بسهولة فى طبقاته السطحية إلى داخل المدن على طول الشوارع والطرق المفتوحة التى تجرى فى اتجاهه ، ثم يترسب الغبار الجوى بوفرة عندما تقل سرعة الرياح داخل المدن ؛ ولهذا السبب نجد أن أغلب الاتربة فى القاهرة مثلا يترسب على شرفات المنازل وفى مداخلها وحجراتها الجنوبية ، على أن هناك بطبيعة الحال ترسبات محلية تحدث فى الأركان المجاورة للشوارع المزدهجة أو غير المرصوفة أو الحرائب . . .



## الطاقة الهوائية

الجو كآلة حرارية تتحرك أجزاؤها على الدوام  وتنشط بالنسبة لبعضها البعض . ومن صور هذه الحركة الدورة العامة للرياح ، ومنها أيضاً الدورات المحلية ، مثل العواصف والأنواء ونحوها . . . وكلها تستلزم مصادر دائمة للطاقة في جو الأرض . ولقد رأينا أن المصدر الوحيد لهذه الطاقة هو الإشعاع الشمسي غير المباشر ، أى الذى يستوعبه الغلاف الموائى عن طريق سطح الأرض ، اليابس منه ولواء .

ولكى نأخذ فكرة سليمة عن كميات الطاقة التى تصحب بعض تيارات الهواء المحلية نضرب مثلاً بأن إعصاراً واحداً من أعاصير المناطق الحارة يستفد من الطاقة ما يعادل القيمة التى تولدها ٣٠ ألف قنبلة ذرية ! كما أن مساحة قدرها كيلو متر مربع واحد يغطى نصفه فقط بالسحب الركامية فى منطقة هبوب الرياح التجارية على المحيطات يمكن أن تنقل إلى الجو العلوى كمية من الحرارة الكامنة ( فى صورة بخار الماء ) تعادل فى الدقيقة الواحدة ما ينطلق من مفرقات الديناميت التى وزنها ألف رطل ! .

وفي بعض البلاد تستغل الطاقة الهوائية التي تصحب تيارات الهواء المحلية ، خصوصاً في الأماكن المعرضة لهبوب تيارات دائمة كبيرة السرعة ، لتوليد طاقة حركة تستخدم في أغراض شتى . وفي البيئات الصحراوية والمناطق البعيدة عن مصادر القوة المحركة يمكن رفع المياه الجوفية باستخدام الطاقة الهوائية . وتتلخص الطريقة للتلي لانجاز ذلك في استغلال الرياح في إدارة طواحين الهواء ، ومن ثم توليد طاقة ميكانيكية أو طاقة كهربائية تكفي لرفع كميات المياه المطلوبة . ويختلف تصميم أغلب هذه الطواحين تبعاً لمتوسط سرعة الرياح السائدة ، فلكل مدى سرعة تقدير خاص بالمرأوح ، ليصل إنتاج الطاحونة أقصى قيمة يمكنه ، وعلى ذلك فإن أرساد الرياح في هذه البيئات تكون من الأهمية بمكان ، خصوصاً إذا قيست على ارتفاعات مناسبة بعيداً عن الحواجز والمعوقات .

والفهم أن متوسط القوة اللازمة لرفع المياه بمقادير يمكن أن يستفاد منها في الزراعة لا تقل عن نحو ( قوة ٥ أحصنة ) ؛ ولهذا لا تصلح جميع البيئات الطبيعية لاستخدام الطواحين الهوائية . وقد نجح استخدامهما في الساحل الشمالى لمصر

وفي الواحات ، ويجرى بحث امكانيات استخدامها على نطاق  
أوسع في بقاع كثيرة في الوادى لنفس الغرض . ويمكن أن تعد  
أحواض خاصة تملأ بالمياه كلما توفرت الطاقة الكافية لتستخدم  
في حالات ركود الريح .

وقديماً استخدمت الرياح التجارية ثم التجارية العكسية\*  
في دفع السفن الشراعية عبر المحيطات لغرض التجارة ، ولعل  
هذا هو السبب الذى حدا بالعرب لاطلاق هذا الاسم بالذات عليها ،  
فقد كانت هذه الرياح تهب في مناطق نفوذهم والأرجاء التى  
قصدوها من أجل التجارة في المحيطين الهندي والهادى ، ونقل  
الفرنجية عنهم هذا الاسم .

ومن طاقات الجو التى حاول العلماء استغلالها الشحنات  
الكهربائية التى تكتسبها السحب الركامية النامية ، والتى تقدر  
بمئات ملايين الفولت ، وذلك بنقلها إلى مكثفات كهربية معينة

---

(\*) أصلها التجارية الجنوبية الشرقية التى تهب من نصف الكرة  
الجنوبى وتعتبر خط الاستواء متوغلة في بحار نصف الكرة الشمالى على  
هيئة تيارات جنوبية غربية أثناء الصيف ، إذ أن الدورة العامة للرياح  
إنما تتبع إلى تحركاتها الوضع الظاهرى للشمس كما قدمنا .

وأول من حاول شحن المكثفات بكهرباء السحب هو بنيامين  
فرنكلين في القرن الثامن عشر ، ولذلك ليدل على أن البرق  
والرعد مجرد تفريجات كهربية . وقد استطاع أن يشحن بعض  
المكثفات بواسطة طيارة مشدودة إلى سلك موصل للكهرية ،  
وبذلك بدد الآراء القديمة التي منها — كما ظن الاغريق قديماً —  
أن الرعد والبرق من علامات غضب الآله ( زيوس ) عندما يذق  
بعطرفته على سندانه في السماوات ! .

---

## تحت رحمة الغلاف الهوائى

وفرت الطبيعة على الأرض كثيراً من الحالات الجوية المعتدلة التى أنجبت الحياة وصاتها فى مراحلها المختلفة ؛ ومزیداً من الظروف الحسنة التى قلما تضارعهما أى ظروف أخرى مماثلة فى اجرام السماء كافة . ونحن ليس فى وسعنا أن نقدر هذه الحقيقة حق قدرها مادمننا نجعل ما يجرى خارج نطاق جو الأرض . ورغم أن العلم يثبت أن أرضنا طيبة ومباركة حقاً ، إلا أنه كثيراً ما ترتفع صيحات البشر على الأرض ويملو ضجيجهم ويم سخطهم إذا ما مرت بهم موجة حارة خلال الصيف ، أو أخرى باردة شديدة الزمهرير فى فصل الشتاء ، أو إذا قلت كمية المطر فى سنة من السنين ، أو إذا ثارت الطبيعة ممثلة فى الفيضانات أو الأعاصير أو الزلازل أو البراكين . والحق يقال ، أتما عندما نشكو من مثل هذه الظواهر الطبيعية إنما تناسى ما نرتع فيه من رخاء وما نستمتع به من أمان وطمأنينة وفرتها لنا الطبيعة على الأرض ، ولا نحسب حساب تلك الأخطار والأهوال التى لا حد لها من حولنا فى أرجاء الفراغ الكونى والتى يحميننا منها الغلاف الهوائى .

وتأتى أول الأخطار التى لا مفر من حماية أنفسنا منها عند  
مبارحة سطح الأرض عن طريق نقص الضغط الجوى ، ثم عن  
طريق اختلافات درجة الحرارة بمقادير لا يمكن أن تستقيم معها  
الحياة بحال . فقط يهبط الضغط الجوى على سطح الأرض بسبب  
مرور الاضطرابات الجوية ، إلا أنه لا يتعدى في هبوطه هذا  
قدر ٤٠ أو ٥٠ مليبارا فى قلب إعصار مدمر جبار مثلاً ، أما  
الارتفاع إلى قمة الجوفضاء النقص السريع فى الضغط الجوى :  
فعلى ارتفاع نحو ٢٠ كيلو متراً نكون قد تخلصنا تحتنا من  
نحو ٩٨٪ من وزن الغلاف الجوى بأكمله ، وعلى علو ٢٠٠ من  
الكيلو مترات يصل الضغط إلى أجزاء معدودات من عشرة  
ملايين جزء من قيمته عند السطح ١ . وهكذا يستمر التناقص  
فى الضغط مع ازدياد الارتفاع عن سطح الأرض حتى نصل إلى  
مايقرب من الفراغ التام فى النهاية . ولما كانت درجات غليان  
السوائل ، ومنها الدم ، تتوقف على الضغط المحيط بها أو الواقع  
عليها ، نجد أنه كلما انخفض الضغط قلت درجة الحرارة التى يبدأ  
عندها الدم فى الغليان . وعلى ارتفاع نحو ٢٠ كيلو متراً فقط من  
سطح البحر ينلى الدم فى درجة حرارة الجسم العادية كما  
ذكرنا سابقاً . ويؤدى غليان الدم إلى الاغماء السريع فالوت

الذى يتم فى مدى لايتجاوز من ١٥ إلى ٣٠ ثانية .

وقلما تلو درجة حرارة الجو على سطح الأرض فوق ٥٠ درجة مئوية ، وذلك فى بعض مناطق المدارين اللذين يمر بها خط الإستواء الحرارى ؛ كما أنها قلما تنخفض تحت ٧٠ درجة مئوية دون نقطة الجليد أو الصفر المئوى ، وذلك فى أواسط سيبيريا خلال الشتاء . ولكن على كُتب منا ، فى طبقات الجو العليا ، قد تبلغ درجة الحرارة مئات الدرجات المئوية الكيناماتيكية — أى التى يسر عنها بحركة جزئيات الوسط — وعلى سطح الشمس الخارجى ( أو حدود جوها ) تبلغ درجة الحرارة أكثر من ٦٠٠٠ درجة مئوية ، أما على سطح القمر الذى يبعد عن الأرض بنحو ٣٥٠ ألف كيلومتر ، وحيث لا يوجد الماء ويكاد ينعدم الهواء . ترتفع درجة الحرارة وقت الظهر إلى أكثر من درجة الفيليان . أى ١٠٠ درجة مئوية . أما أثناء الليل فإنها تهبط سريعاً إلى حدود نحو ١٢٠ درجة تحت نقطة الجليد . وذلك بسبب انعدام الهواء هناك . ولمثل هذه الأسباب يعزل رواد الفضاء وأجواء الأرض العليا داخل مركبات محكمة الإغلاق . يعيشون فيها تحت ضغوط جوية مناسبة ودرجات

من الحرارة والرطوبة ملائمة ( اى جو مكيف صناعياً ) .  
ومن أكبر الأحوال خارج نطاق جو الأرض النيازك والشهب  
التي تهيم في الفضاء الكوني وتهوى بلا هوادة إلى جو الأرض  
العلوى . وللشهب والنيازك تأثير كبير على طبقة الأيونوسفير ،  
إذ تؤدي عمليات احتراقها فيها إلى تكوين بعض أكاسيد الأزوت  
القابلة للتحلل الكهربى « الثأين » بسهولة ، كما أنها تخلف  
من وراءها أكاداساً من نوى النكائف فى جو الأرض العلوى ،  
فتساقط تدريجياً بفعل جذب الأرض على النحو الذى سبق  
الإشارة إليه .

ويتساقط إلى جو الأرض فى اليوم الواحد آلاف الملايين  
من الشهب التى أغلبها حبات دقيقة من الرمال تجرى فى مسارات  
حول الشمس بسرعة تقارب سرعة الكواكب السيارة « أى من  
نحو ١٠ كيلومترات إلى نحو ٥٠ كيلومتراً فى الثانية الواحدة » .  
وعندما تقترب هذه الأمثلة من الأرض تقع تحت نطاق جذبها  
وتبدأ الدوران فى مسارات جديدة من حول الأرض تقطع  
الغلاف الجوى خلال مسافات طويلة ، فتحترق بالهواء مولدة  
كميات من الحرارة تكفى لتبخير الأمثلة . وما الشهب التى نراها



تهوى أثناء الليل كالنجوم في كبد السماء ثم تختفي إلا مسارات تلك الغازات الملتية على ابعاد تتراوح بين ٨٠ و ١٠٠ كيلومتر من سطح الأرض ، مما يدل بكل جلاء ووضوح على أن الهواء المخلخل الذي يملأ تلك الطبقات يكفي لتحطيم الشهب ودرء أخطارها عنا . أما الفضاء فلا سبيل إلى تلك الحماية فيه ، وقد تخترق حبة من رمال الشهب لوحاً من الصلب بسبب سرعتها الخارقة .

وفي السنين الأخيرة تقدمت طرق رصد الشهب وتصويرها في الظروف كافة ، واتضح أن تلك التي تنساب منها إلى جو الأرض أصلها أجزاء من المجموعة الشمسية تسبح حبيباتها في أسراب من حول الشمس ، شأنها في ذلك شأن سائر الكواكب السيارة ، إلا أن مساراتها ضيقة ، وتزداد كمياتها كلما اقتربنا من الشمس . ورغم أن أسراب الشهب تنتشر في الفضاء الكوني إلا أن الإحصاء الرياضي يدل على أن احتمال اعتراضها سبيل سفن الفضاء ومحطاته في نطاق الفضاء المحيط بالأرض ما هو إلا احتمال صغير بالرغم من أنه عظيم الخطر . وقد اقترح ويل — الحجة في مادة الشهب بجامعة هارفرد — أن تحصن المحطات والسفن بغلاف من المعدن بحيث لا تصل

حييات الشهب إلى الداخل إلا بعد أن تستنفد أغلب طاقتها في اختراق هذا الغلاف ؛ أما فرصة التصادم مع النيازك الكبيرة الحجم فهي فرصة صغيرة جدا تكاد لا تذكر ، إلا أن أسفار الفضاء ستظل محفوفة باخطار النيازك مهما صغر احتمال التعرض لها .

ومن أكبر مصادر الأهوال والأخطار في الفضاء خارج نطاق جو الأرض التعرض للأشعة الكونية التي نجعل كثيرا من خصائصها ، ويدخل تحت قائمتها كثير من نوى ذرات العناصر المختلفة التي تتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء ، أى ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية الواحدة ؛ وتدل هذه الجسيمات على عمليات عظمى تجري في بعض أرجاء الكون وتؤدي إلى زيادة طاقة نوى ذرات العناصر زيادة عظيمة\* . وتبلغ طاقة جسيمات الأشعة الكونية في كثير من الحالات بضع آلاف من الملايين ، بل وربما عشرات آلاف من ملايين ، الإلكترون فولت . وقد اقترح الاستفادة منها في علاج بعض الأمراض المستعصية والأورام

---

(\*) قد يكون مصدر هذه النوى كونا خارجيا انبثقت منه وتدفقت إلى كوننا ونحت تأثير الجاذبية زادت سرعتها إلى هذه الحدود الحارقة بمضى الوقت .

الحبيثة كالسرطان بالتعرض لها خلال قترات قصيرة فقط ،  
وإلا انقلبت الآية . ويحمينا الغلاف الهوائى من أغلب مكونات  
هذه الأشعة ، ولا يصلح سطح الأرض منها غير التزر اليسير ،  
فإن السنتيمتر المربع الواحد يصله فى المتوسط جسيم واحد فقط  
من جسيمات هذه الأشعة فى الثانية ، إذ يمتص الباقي كله فى الجو  
العلوى ، غير أن تصادمها مع غازات الهواء يسبب انبعاث أشعة  
ثانوية تؤثر على الجسم الحى بصور مختلفة .

---

## التنبؤ الجوى

بعد كل الذى قدمناه أن نعرف شيئاً عن التنبؤ ببى الجوى . الذى هو من أهم المسائل التى عالجها العلم حديثاً ومعناه التكهن بظواهر الجو قبل حدوثها بـعدة تختلف من بضع ساعات إلى عدة أيام . وقد تمتد فترة التنبؤ الجوى لعنصر من العناصر مثل المطر أو درجة الحرارة خلال موسم برمته . وقد نجح علماء الرصد الجوى فى ذلك إلى حد بعيد ؛ وكان لهذا النجاح قيمته العملية فى أعمال الطيران والملاحة البحرية فى السلم والحرب . وفى الزراعة والصناعة ، ثم لفائدة الجمهور ، كما كان له قيمته العلمية فى الكشف عن كثير من أسباب تقلبات الجو واستنباط قوانين طبيعية من جو الأرض نفسه ، مما لا يمكن استنباطه أو دراسته داخل المعامل كما نفعل فى دراسة أغلب المسائل الطبيعية الأخرى .

وتنحصر فكرة التنبؤ الجوى فى أبسط صورها فى أمرين :  
الأول معرفة ما سيكون عليه توزيع الضغط الجوى بعد فترة معينة لأن الضغط دائم التغير قرب سطح الأرض ، واختلافات الضغط

من مكان لآخر هي التي تدفع بالرياح في حركتها ، والثاني معرفة أو تحديد خصائص كتل الهواء التي تلازم التوزيع الجديد في طبقات الجو المختلفة ، وخاصة عند سطح الأرض . وبمعنى أوضح إذا أريد معرفة الجو في مكان ما غداً فإن أول الواجبات النكهن بما سيكون عليه توزيع الضغط الجوي في ذلك اليوم على مساحة واسعة حول ذلك المكان ؛ لأن توزيع الضغط كما قدمنا هو المحدد الأول لازاحات كتل الهواء ، ثم يأتي من بعد هذه الخطوة تقدير خصائص الكتلة الهوائية التي ستسود المنطقة وتحديد تفاعلاتها مع بعضها البعض على ارتفاعات مختلفة . ويجب أن نعمل دائماً حساب المؤثرات الموسمية . ولهذا يلزم أن تكون لدينا فكرة واضحة عن مناخ المنطقة وأهم ظواهر الجو التي تحدث فيها في كل موسم . ومتوسطات درجات الحرارة وعلى الأخص النهايات العظمى والدنيا . . . فن المعروف أن مما يساعد على نجاح التنبؤات الجوية الخبرة المحلية والمران والتبصير الدائم لظواهر الجو . ثم تطبيق علم الأجواء ونظريات التنبؤ على كل ما نشاهده من ظواهر . مع محاولة تفسير هذه الظواهر على أساس علمي صحيح . وكثيراً ما تصدق التنبؤات الجوية . كما أنها قد تخيب أحياناً ، إلا أن الناس عادة لا يهتمون بالتنبؤات

الصحيحة ولا يمتدحونها في مجالسهم . بل يبرون عليها مر  
الكرام في الوقت الذي هم فيه لا ينسون التنبؤات الخاطئة  
ويتندرون بها في كل مكان وزمان !

وفي بعض البلاد تلجأ طائفة من الأفراد إلى إعداد تقاويم  
تمطى حالة الطقس في كل يوم على طول العام ! وتعرف هذه  
التقاويم باسم « التقاويم الجوية » وما هي في الواقع إلا مجرد  
تخمينات لا أساس لها من الصحة . ويكاد يصل احتمال الصحة  
فيها إلى الصفر لولا عامل الصدفة . ورغم هذا نجد ملايين الناس  
في الغرب اليوم يعتمدون على التنبؤات الجوية المطبوعة  
في ( التقاويم الجوية ) . كما أن لهم تقاويم مختارة يفضلونها  
على غيرها . والعجيب أن التقاويم التي تعطى التنبؤات الجوية  
لمدة عام كانت عظيمة الانتشار في بعض بلاد الغرب . وذلك  
بفضل الصدف التي جعلتها تصيب أحيانا . وكانت تدر على حاسبها  
مالا وفيراً جداً ! ومن القصص التي تروى عن هذه التقاويم  
ما حدث عام ١٨٣٧ عندما نشر رجل أمريكي يدعى مرفي تقويمياً  
ادعى فيه أن يوم ٢٠ يناير عام ١٨٣٨ سيكون أبرد أيام السنة  
قابلة . وقد حدث ذلك بالفعل ! وسرياً ما ارتفعت أسعار  
تقويم مرفي الجوي في الأسواق وراج رواجاً عظيماً ونسى الناس

أنه لا يقوم إلا على مجرد التخمين والرجم بالغيب ! ! . .  
ورغم أنه لم يتوصل أحد للآن إلى طريقة سليمة تماماً  
للتنبؤ بحالة الجو لمدة تزيد على عدة أيام . إلا أن العلماء يعتقدون  
أنه سيحيى اليوم الذى تم فيه تنبؤات صائبة طويلة المدى ،  
ولكن ليس من المنتظر أن يكون التنبؤ بعيد المدى هذا  
في صورة وصف تفصيلي لحالة الجو في أى يوم معين مثل  
١٣ مارس . بل المنتظر أن يكتفى بإعطاء بعض الأوصاف العامة  
السليمة لفصل برمه . مثل التنبؤ بشتاء معتدل أو صيف حار  
أو ربيع متأخر أو أمواج من المطر الغزير . . .

ومن الأسباب التى تحمل علماء الرصد الجوى على الاعتقاد  
بأنه سيحيى الوقت الذى تنجح فيه التنبؤات البعيدة المدى غزو  
الطبقات العليا ورصد عناصرها بالصواريخ والأقمار الصناعية فى هذا  
العصر . وقد صمّم فون براون مدار أحد الأقمار الصناعية حول  
الأرض ليرى بالقطين ويتيح بذلك فرصة ذهبية لرصد تجمعات  
السحب وانسياب كتل الهواء القطبية وما يعقب ذلك من تولد  
الاضطرابات الجوية وتوزيع الرياح والمطر حول ما يسمى  
( الانخفاض الجوى ) ، أو الانخفاض المرضى ، الذى هو  
فى الواقع منطقة من الجو ينخفض الضغط فى مركزها وتدور

الرياح بشدة ملحوظة من حولها ، كما توزع السحب والأمطار فيها توزيعاً معيناً ، وتغزو هذه الانخفاضات الجوية المناطق المعتدلة طول العام ؛ كما تغزو البحر المتوسط ومصر في الشتاء . وهناك عدة نظريات حديثة لشرح تولد الانخفاض المرضى هذا ؛ ومن أهم هذه النظريات وأقربها للحقيقة والواقع ، وأصحها شيوعاً نظرية الجبهة القطبية ، وهذه الجبهة هي السطح الوهمي الذي يفصل الغريبات السائدة عن التيارات القطبية الشمالية الشرقية — راجع الدورة العامة للرياح — وتكون بؤة الانخفاض في بادئ الأمر في صورة التواء أو تنوء في هذه الجبهة ، ثم ينمو هذا التواء على غرار نمو الدوامات تقريباً ، فتدفع الغريبات السائدة داخل الهواء القطبي البارد في صورة قطاع لا يلبث أن ينمو مكوناً منطقة الانخفاض ، وتبعاً لذلك تلتوى الجبهة الفاصلة بين الكتلتين في صورة موجة يتميز نصفها الأمامي عن نصفها الخلفي بميزات خاصة ، ويسمى النصف الأمامي الجبهة الساخنة ، أى الجبهة التي يعتبر اقترابها أو مرورها تنذيراً بالدخول في الهواء الدافئ ، كما تسمى المؤخرة باسم الجبهة الباردة وهي التي يصحب مرورها « في مناطق البحر المتوسط مثلاً » هبوط درجة الحرارة وهبوب الرياح العاصفة وتزول المطر



في صورة رخات متتالية . أما نقطة تلاقي الجبهتين فهي مركز الانخفاض ، وهو يتحرك عادة إلى الشرق أو الشمال الشرقي ، ما لم يقع الانخفاض تحت مؤثر عام خارجي .

وفي العادة تسير الجبهة الباردة بسرعة أكبر من سرعة سير الجبهة الساخنة بعد اكتمال نمو الانخفاض ، ولهذا يأخذ القطاع الذي تكون من دخول الغريبات السائدة كنتوء داخل الرياح القطبية الباردة في التناقص تدريجياً من الخلف ، وتنطبق أجزاء من الجبهة الباردة على أخرى من الجبهة الساخنة ، ويزداد هذا الانطباق تدريجياً حتى يمتلئ الانخفاض ويختفي ، وكثيراً ما يصحب هذه الحالة الأخيرة هطول مطر متواصل بسبب رفع الغريبات السائدة المستمر إلى أعلى الجو .

---

## المراجع العربية

- ١ — الميتورولوجية      تأليف الأستاذ محمود حامد محمد
- ٢ — طبيعيات الجو وظواهره      « الدكتور محمد جمال الدين الفندي
- ٣ — الفبار الذرى (اقرأ )      { للدكتور جمال الدين الفندي  
رقم ١٨٥ )
- ٤ — الصعود إلى المريخ (اقرأ )      {      «      «      «  
رقم ١٧٨ )
- ٥ — كيف ترقب السماء ؟      ترجمة الدكتور جمال الدين الفندي
- ٦ — فلنسأل رجل الطقس      «      «      «      «
- ٧ — قوى الطبيعة فى خدمتك      { للدكتور جمال الدين الفندي  
( اقرأ رقم ١٩٦ )



## المكتبة الثقافية

- أول مجموعة من نوعها تحقق
- اشتراكية الثقافة
- تيسر لكل قارئ أن يقيم في بيته
- مكتبة جامعة تحوي جميع ألوان
- المعرفة بأفلام أساتذة ومتخصصين
- وبقرشين لكل كتاب
- تصدر مرتين كل شهر
- في أوله وفي منتصفه

## الكتاب القادم

## الأدب والحياة

في المجتمع المصري المعاصر

دكتور ماهر مسرقي

أول يونية ١٩٦٤

5  
19

Bibliotheca Alexandrina



0248558

